

ОТЕКА

ВОСТОК-СИБ

дельный **оттиск** из вып. № 2 «Материалов по геологии и полезными ископаемыми Восточной Сибири»

Extrait du N-2 des «Materiaux pour la geologie et les ressources mineral de Sibirie Orientale».

Д 46
В 19
71960

Иркутского
ИИГ № 1279

Васильевский и Н. И. Толстичин

16 19

7-0013

МИНЕРАЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК АРШАН ТУНКИНСКИЙ

By. M. Vasilievsky and N. Tolstichin

THE MINERAL SPRING ARSHAN TUNKINSKY

И з д а н и е

Бурят-Монгольского Районного
Геолого-Разведочного Управления

ИРКУТСК

1930

146
B-19

М. М. Васильевский и Н. И. Толстихин

~~55178~~
~~B-19~~



181.51.т.
B-19

МИНЕРАЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК АРШАН ТУНКИНСКИЙ

4003

By. М. Vasiievsky and N. Tolstichin

THE MINERAL SPRING ARSHAN TUNKINSKY

71960

Издание
Бурят-Монгольского Районного
Геолого-Разведочного Управления

ИРКУТСК
1 930

[Я. Н. Васильевский и Н. И. Толстихин]

Тираж 150

2¹/₂ печатн. листа

Ирорклит 12/III 3930 г. №292

Иркутск, тип. изд. «Власть Труда»

Заказ № 3803 1930 г.

71960

БИБЛИОТЕКА
Восточно-Сибирского
Фидвала СО АН СССР

Минеральный источник Аршан Тункинский *).

М. М. Васильевский и Н. И. Толстихин.

The mineral spring Arshan Tunkinsky

By. M. Vasilievsky and N. Tolstichin.

ПРЕДИСЛОВИЕ.

М. М. Васильевский посетил Аршан в 1926 г. по предложению Нар. Ком. Здрав. Бурято-Монгольской Республики. За несколько дней им была осмотрена долина р. Кынгарги до 1-го водопада и произведены расчестки источников и некоторые наблюдения над ними.

Н. И. Толстихин работал на Аршане в 1920 г. и посетил на несколько дней курорт в 1928 г.

Материалы, собранные обоими авторами, влились в настоящую статью, причем геологическое описание сделано Н. И. Толстихиным и им же составлены разрезы и планы, кроме плана на рис. 5 и 19-ом.

Курорт Аршан с двумя углекислыми источниками находится в 120 км к западу от ж.-д. станции Култук и расположен на террасах р. Кынгарги при самом выходе ущелья в Тункинскую котловину. Террасы прислоняются к расположенным на север от курорта склонам Тункинских Белков или Альп, которые круто и резко поднимаются над обширной Тункинской котловиной. Ближайшая вершина в $2\frac{1}{2}$ км на СВ от курорта возвышается на 2088 м над ур. моря, а одна из наиболее высоких точек Тункинских Альп—Хайремский галец, находящийся в верховьях рч. Хайрем, поднимается до 2541 м над ур. моря, тогда как высота курорта над ур. моря 896—1045 м, согласно 2-хверстной карте В. Т. О.* Оба углекислых источника в расстоянии около 12 м друг от друга находятся на левом берегу рч. Кынгарги в 53 м от нее и метрах в 15—20 от обрыва коренного левого берега. Источник ближайший к курорту № 1 называется „железистым“, источник № 2—„содистым“.

Геологическое строение окрестностей источников и особенно описание самих источников имеется во многих работах, главным образом у А. В. Львова¹¹⁾**), который с достаточной полнотой изложил также результаты исследований своих предшественников: Е. Де-Геннинг-Михелиса⁵⁾ и И. Д. Черского²⁵⁾.

*) Печатается с согласия авторов.

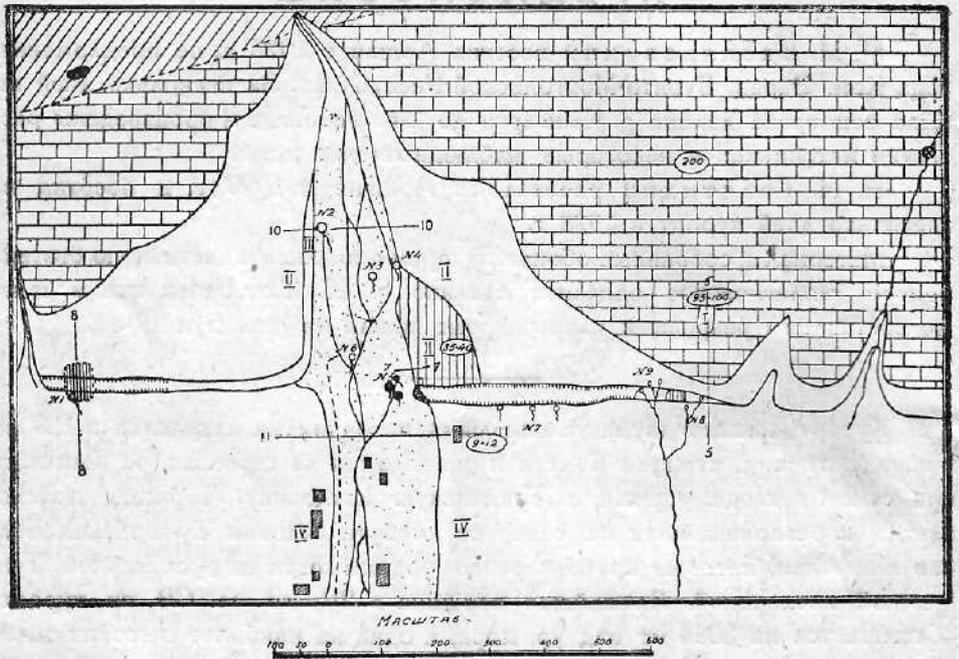
**) Ссылка на порядковый № работ, см. список литературы.

Г е о л о г и я .

Наиболее полный тектонический разрез наблюдается по обоим берегам речки Кынгарги, начиная от источника вверх по течению^{3, 5, 11, 23, 25}.

Ближайшее обнажение находится в 15—20 мт от источников к востоку на левом высоком берегу. Здесь, с юга находится осыпь черного и серого графитистого известняка, из под которой севернее в обрыве склона выходит:

Схематическая геологическая карточка Аршана I^{го}



ЛЕГЕНДА :

- | | | | |
|---|--|---|--|
|  | Гранит |  | Источники минеральные |
|  | Лырцеевские известняки |  | Родники пресные |
|  | Сланцы |  | Карстовая воронка |
|  | Известняки и доломиты с подчиненными им сланцами | | Цифры в кружках — высоты в метрах над источниками |
|  | Травертин | | 5-5, 7-7, 8-8, 10-10, 11-11 — профили на рис. 2, 3, 4, 10 и 12 |
|  | Ось урл. конусы выноса и доломиты террас | | |
|  | Террасы | | |
|  | Пойма и надпойменная терраса | | |
|  | Крутой склон | | |

Рис. 1.

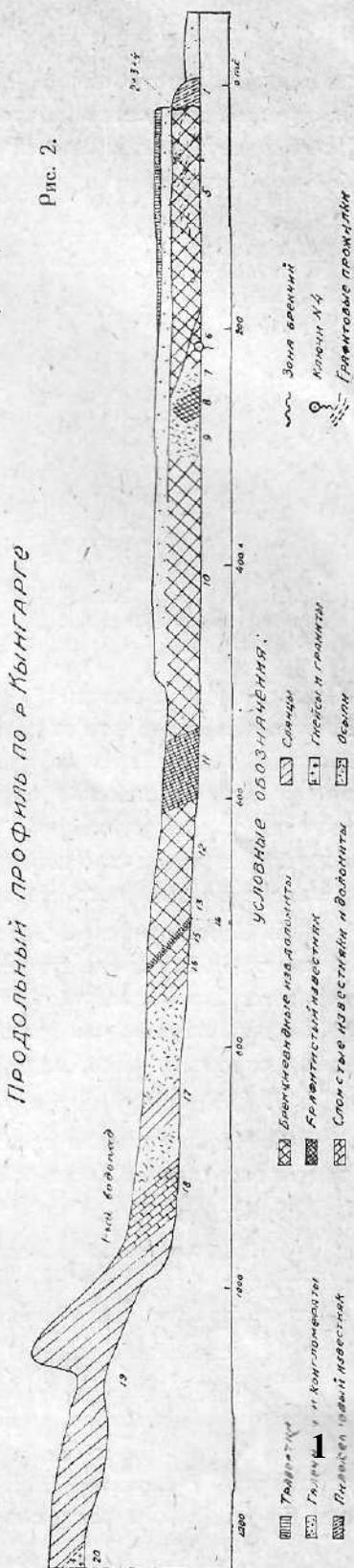
1. Пироксеновый известняк желтовато-бурый с поверхности выветривания, зеленовато-серый в свежем изломе с полосками до 1 см толщиной, окрашенными в темно-зеленый цвет. Известняк этот местами ясно слоистый, падает на ЮВ 135° под углом 57° . В $1\frac{1}{2}$ мт севернее падение меняется на ЮВ 165° под углом 68° . Далее, в 5 мт от пункта первого от счета наблюдается падение на ЮЗ 183° под углом 87° . Если проследить за пластом от основания обнажения, где производился замер, кверху, то заметно, что вверху падение меняется на СЗ под углом 85° . Таким образом наблюдается постепенное скручивание слоев и увеличение угла падения от южного края обнажения на север и от основания обрыва вверх.

Далее фас обрыва обращен к СЗ, падение слоев принимает спутанный, неясный характер. В 9-10 мт от начала обрыва вверх по реке в его основании появляются:

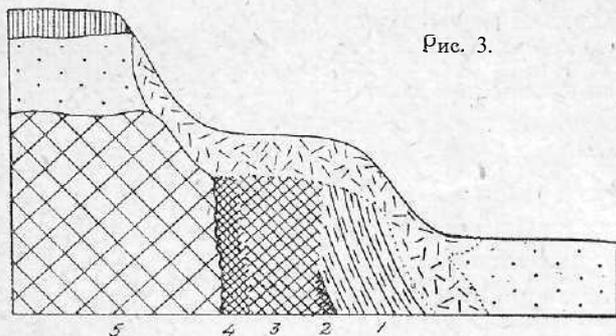
2. Брекчкевидный известняк темно-серый графитистый, круто падающий на юго-запад (Зона брекчий на рис. 2 и 3). Толщина его в основании обрыва 35 см; на протяжении $1-1\frac{1}{2}$ мт кверху он выклинивается, замещаясь закрытой, не зияющей трещиной. Лежащий бок породы падает на ЮЗ 200° под углом 65° . Вслед за этим зажатый между известняками клиновидным участком графитистой породы далее на СВ по обрыву коренного левого берега рч. Кынгарги наблюдается:

3. Сильно перемятые с многочисленными следами скольжения известняки, в которых можно различить обрывки пластов бурого пироксенового известняка перемешанные с обломками серого различных оттенков до черного песчанистого углисто-графитового известняка. Метрах в 30-ти от начала обрыва вверх по реке эта порода сильно обогащается графитом и становится почти черной.

4. Севернее находится серая брекчия с графитовыми примазками, длина которых до 10 см, ширина 2-3 мм. Они имеют вертикальное или близкое к нему залегание. Изредка в породе наблюдаются охристые пятна размерами до 3-5 см. Порода имеет вид сильно перетертой, мучнистой массы и легко осы-



пается. Мощность около 0,70 мт. Поверхность контакта этой породы и следующей на север почти вертикальна или круто наклонена к югу. Вследствие больших осыпей установить точные соотношения пород 1, 2, 3, 4 без расчисток не представляется возможным.



*Детали правого берега профиля на реке Волге
Описание пород в тексте*

5. К северу от этой полосы сильных нарушений в сплошном обрыве коренного левого берега р. Кынгарги выходят доломитовые известняки и доломиты белые, светло-серые брекчиевидные, легко раскалывающиеся на остроугольные обломки, настолько характерные, что еще первый исследователь

Кынгарги Н. Бакшевич³⁾ весьма метко назвал их „разломчатыми“. Иногда они приобретают палево-желтую пятнистую окраску. В этой толще заметны тонкие графитовые прожилки, обнаруживающие крайне неправильное, в большинстве случаев под углом менее 45°, падение на юг (они показаны пунктиром на рис. 2). Метрах в 150 от минеральных источников вверх по Кынгарге белые доломитовые известняки переходят в палево-желтые, которые в 210-230 мт от источников налегают на:

6. Серовато-белый доломитовый известняк, в общем имеющий такой же характер, как предыдущие, и сильно закрытый осыпями. На границе между породами 5 и 6 залегает мучнистая легко выкрашивающаяся и образующая ниши порода; она имеет довольно пологое падение к югу. В основании склона, у реки, выходят сильные пресные ключи № 4.

7. Осыпи.

8. Черный сильно графитистый известняк, покрытый осыпями. Протяженность около 20 мт.

9. Осыпи.

10. Доломитовый известняк, кристаллический, серый, брекчиевидный, выше по течению заменяющийся желтым доломитовым. Местами он прикрыт осыпями и растительностью.

11. Известняк черный и серый графитовый. Мощн. ок. 60 мт. На границе между 10 и 11 обломки, иногда несколько округленные желтого и белого доломитового известняка, между которыми находится мучнистая белая и жетоватая масса, а местами проникает и серая. Эта обломочная порода имеет характер тектонической брекчии. Граница между 10 и 11 под крутым углом падает к югу.

12. Свита брекчиевидных кристаллических известняков и доломитов белых, серых, желтых прослеживается по реке на протяжении 80-100 мт. В основании этой свиты залегает:

13. Доломитовый известняк, желтый кристаллический брекчиевидный настолько рыхлый, что осыпаясь образует ниши . . . 8 мт.

Граница между 12 и 13 падает на ЮВ под углом $35-45^\circ$.

14. Известняк графитистый, брекчиевидный, сланцеватый плитчатый, сильно марающий. Порода имеет характер тектонической брекчии. Падение ее такое же, как и предыдущее. Мощность . . . 5 мт.

Здесь совершенно ясно видно, что вся предыдущая свита брекчиевидных известняков и доломитом отделяется от подлежащих ясно-слоистых и не брекчиевидных пород черным графитистым известняком.

15. Известняк кристаллический, желтый и белый с пиритом, блестками слюды и тонкими послонными линзочками кварцита, ясно слоистый, не брекчиевидный . . . 15 мт.

16. Доломит белый, средне-зернистый, кристаллический с рассеянными послонно зернами пирита и линзочками кварцита.

Вверх по реке свита мраморовидных известняков и доломитов серого и белого цвета ясно слоистых прослеживается в ряде отдельных обнажений и видна в береговых обрывах рч. Кынгарги. Так, она вскрывается в расстоянии 700-800 мт от источника по тропинке на первый водопад на высоте до 30-40 мт над рекою. Здесь выходит мраморовидный доломитовый известняк и доломит с включением мелких кристалликов магнетита. Порода мелко или средне-зернистая и состоит из прослоек в 1-8 см толщиной белого и серого цвета. Падение слоистости на ЮВ 165° под углом 45° . Тонкие трещинки кливажа, секущие породу через 20-40 см., падают на СЗ 345° под углом $65-70^\circ$.

17. Далее вверх по реке находится обособленный выход серых глинистых сланцев, падение и простираение которых как у предыдущих пород.

18. Выше по реке следуют вновь известняки и доломиты. У лестницы, ведущей к первому водопаду, падение их на ЮВ 160° под углом $35-40^\circ$.

У первого водопада эта свита известняков и доломитов налегает на:

19. Сланцы глинисто-слюдисто-известковые. С этих сланцев стекает рч. Кынгарга двухструйным водопадом высотой до 7 мт. Сланцами сложен гребень выше первого водопада, по которому проходит тропинка, направляющаяся в верховья рч. Кынгарги. Падение сланцев на гребне на ЮВ 157° под углом $47-74^\circ$.

За перевалом у перехода через рч. Кынгаргу ясно заметна пльчатость сланцев. Общее их падение сохраняется прежним на ЮВ 160° под углом 45° . Эти серые слюдистые тонко-слоистые породы прорезаны пластовыми жилками кварца в 1-3 см толщиной; иногда они раздуваются в небольшие линзы до 15 см толщиной. Наблюдаемые разрывы кварцевых жил небольшой амплитуды в 1-2 см обуславливают опускание СЗ-ой вершины по течению реки толщи сланцев. Сланцы налегают на:

20. Гнейсы и гнейсо-граниты. С этой толщей, повидимому, связаны пироксеновые известняки, указанные А. В. Львовым, по среднему течению р. Кынгарги, в области развития этих гнейсов.

Далее следует некоторый пропуск в обнажениях, а выше, по среднему течению Кынгарги развиты следующие породы:

1) Биотитовый известковистый гнейс, переходящий через слюдистокремнистые породы в:

2) Кварциты белые, розовые, известковистые.

3) Гнейсы биотитовые, известковистые, ясно слоистые, которые переходят в известковые сланцы.

4) Известняки светло-серые, палевые, доломитизированные.

В самых верховьях р. Кынгарги и ее притоках развита толща, сходная с обнажающейся в нижнем ее течении:

1) Известняки и доломиты темные, серые, светлые с прослоями графитистых известняков.

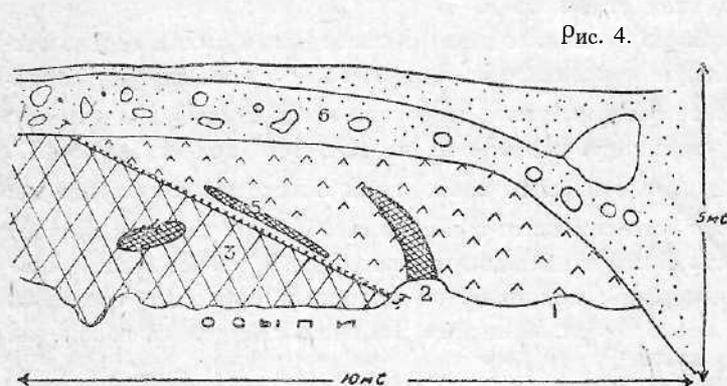
2) Сланцы.

3) Известняки и доломиты белые и серые, мраморовидные.

4) Сланцы.

Эта толща налегает на гнейсы и гнейсо-граниты, слагающие водораздел между верховьями Кынгарги и притоками р. Китоя.

Таким образом, в строении Тункинских Альп в районе рч. Кынгарги чрезвычайно сильное развитие имеют мощные известняково-доломитовые толщи. Брекчиевидные известняки и доломиты, выходящие в непосредственной близости от минерального источника м. б. прослежены на запад вдоль подножья Тункинских Альп в виде небольших выходов или вы-



пок²³). Хорошо вскрыты эти породы при выходе из гор 2-го на запад от Аршана ручья, км в 6 от курорта. Здесь в обрыве наблюдается (см. р. 4):

1) Буровато-желтая известковая брекчия,

состоящая из угловатых обломков известняков местами сильно кремнистых; многочисленные мелкие трещинки выполнены кальцитом. В ней наблюдается:

2) Выклинивающаяся вверх зеленовато-серая графитово-известковая брекчия с выцветами извести; ширина ее в основании 0,5 мт.

Выше по течению ручья обнажена:

3) Серая брекчия, состоящая из белых и серых угловатых обломков плотного известняка; в ней заметны многочисленные трещинки, заполненные кальцитом и зеркала скольжения. В толще брекчии заметна:

4) Линзовидный участок серо-черной марающей графито-известковой брекчии 2-й. Серая брекчия 3-я отделена от буровато-желтой 1-й трещиной, падающей на ЮЮВ под углом 15°, выполненной зеленовато-серой углистой массой с большим количеством желтовато-бурой породы. Здесь наблюдаются зеркала скольжения и многочисленные тонкие трещинки. Под трещиной в желто-бурой брекчии залегает:

5) Узкая линза графитово-известковой брекчии такой же как 2-я и 4-я, толщиной в 10 см. Вверху размытая поверхность пород перекрыта:

6) Валунным галечником. Он же прислонен и с южной стороны обрыва.

Выше по ручью на протяжении нескольких десятков метров были прослежены серые брекчиевидные известняки, подобные № 5 профиля 2-го у минеральных источников, т. е. в общих чертах наблюдаются те же особенности, что и по рч. Кынгарге.

По направлению к западу известковые брекчиевидные породы прослеживаются в виде отдельных выходов еще на протяжении до 2 км от предыдущего разреза. Повидимому, источник Аршан 2-й, вытекающий прямо в основании крутого склона гор, также выходит из этой толщи брекчиевидных известняков и доломитов.

На восток от минеральных источников брекчиевидные известняки и доломиты прослеживаются вдоль подошвы Тункинских гор в первом, втором и третьем распадке²³⁾ и в долине рч. Хайрема, где эта порода подробно описана И. Д. Черским²⁵⁾: „В обнажении правого берега реки замечается доломитовый и известковый детритус, перемежающийся в одном месте с валунами других кристаллических пород и покрываемый примыкающим к нему песчаным наносом с глыбами. Детритус этот состоит из остроугольных, как мелких, так и больших кусков мелко-кристаллического, почти плотного белого и серого доломита, такого же доломитового известняка, а иногда и серого углистого известняка, обыкновенно слепленных в брекчию углекислой известью, окрашенную в желтоватый цвет с охристым оттенком, вследствие чего желтый цвет передается нередко целому обнажению; местами же детритус этот является почти рыхлым и Уегко образует осыпи. Местами порода является массивною, иногда же в ней замечается как горизонтальная, так и изогнутая не совсем ясная слоистость. Выше по реке слоистость делается более ясною и детритус этот, видимо, залегает на темно-сером углистом известняке с неясной слоистостью и как бы выполняет собою неровности и углубления, замечаемые на его, повидимому, размытой поверхности”...

Перемежаемость детритуса с валунами кристаллических пород и характер налегания его на углистый известняк, отмеченный выше И. Д. Черским, заставляют думать, что здесь детритус частью находится, повидимому, во вторичном залегании, ибо по Кынгарге и других разрезах по-

добных отношений, т. е. валунов кристаллических пород в брекчии, не наблюдалось. И. Д. Черский полагает, что детритус Кынгарги и Хайрема залегает „не на первичном месте, хотя и близко от коренного своего месторождения ²⁵⁾), что, повидимому, этот детритус образовался из кристаллических известняков и доломитов, развитых в предгорьях ²²⁾).

Подводя итог изложенному по геологии, можно выделить следующие более или менее обособленные комплексы горных пород:

I: Гнейсы, сланцы и пироксеновые известняки.

II. Известковые сланцы, кварциты, кристаллические белые и серые известняки и палевые доломиты.

III. Кристаллические известняки и доломиты, сланцы.

IV. Брекчиевидные доломиты и кристаллические известняки, с брекчиями тектонического характера и графитистыми известняками.

Возраст этих пород вследствие неясности отношений между комплексами и отсутствием находок фауны остается по существу неизвестным. В. А. Обручев относит породы Аршана к докембрию 21, стр. 49—50.

Комплекс I-й является, повидимому, наиболее древним; он приобретает существенное развитие в восточной части Еловского отрога ²⁵⁾), к нему же могут быть предположительно отнесены пироксеновые известняки, обнажающиеся у минеральных источников. Комплекс IV-й развит, начиная от минеральных источников вверх по рч. Кынгарге на протяжении 680 мт; он представляет собою сложное тектоническое образование, природу которого могут выяснить лишь более тщательные работы. III-й комплекс залегает под предыдущим и выше по течению р. Кынгарги на протяжении более 400 мт. Наконец, II-й комплекс пород слагает уже область среднего течения рч. Кынгари, отделяясь от третьего расположенными ниже по течению гнейсами, сланцами и пироксеновыми известняками I-го комплекса.

Следующими по возрасту являются послетретичные отложения. Их характер и условия залегания тесно связаны с геоморфологией района. В окрестностях источника имеется несколько террас, врезанных в коренные породы. Обрывок наиболее древней, I-ой, террасы находится на высоте около 100 метров над минеральными источниками на склоне первого источника отрога между долиной р. Кынгарги и расположенной ад восток от нее небольшой долиной (см. рис. 1, 5). Ближайшая от курорт; вершина этого отрога, высотой до 200 мт над источником, сложена средне-зернистыми белыми, сероватыми доломитами, падающими на ЮВ 165° под углом 54°. Они пересечены трещинами, падающими на СВ 78° под углом 80—90° и другими, менее ясно выраженными. К югу от вершины следует крутой склон, по которому местами наблюдаются высыпки остроугольных обломков доломитового известняка. На высоте 90—100 мт над источником склон становится пологим и переходит в почти горизонтальную небольшую, длиной 15—20 мт площадку водораздела между выше

указанными долинами (рис. 1, 5). Здесь наблюдаются валуны и гальки гранита, гнейса, сланцев, а также куски конгломератов с известковым цементом. В состав его входят в большом количестве остроугольные плохо окатанные кусочки белого, серого доломитового известняка, доломита и более редкие хорошо окатанные гальки тех же пород и гранита, гнейсов, сланцев.

Ниже по склону в высыпках-наблюдается брекчиевидный серый и белый доломитовый известняк и гальки кристаллических пород.

Следующая по возрасту, более молодая, II-я терраса высотой 35—40 м над источником выражена весьма ясно эта

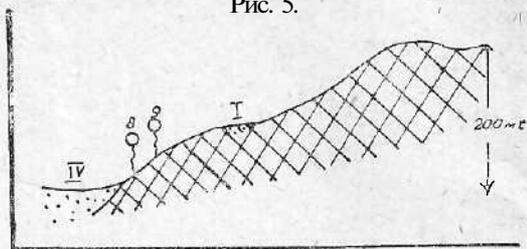
терраса отчетливо видна на прилагаемой фотографии, а также на плане рис. 6 и на профиле рис. 7. Вблизи минеральных источников на левой стороне Кынгарги эту террасу слагают: 11, 23, 25.

1. Почвенный серовато-черный слой с редкой галькой, который к низу переходит в бурый, карбонатный суглинок . . . 0,80 м.

2. Известковистый суглинок светло-бурый с обломками белого и др. доломитов, травертина и небольшими линзочками и гнездами щебня, состоящего гл. образом из остроугольных мелких кусочков известковой брекчии. Некоторые участки породы окрашены в яркие оранжевые, бурые, желтые цвета окислами железа. Ближе к основанию преобладает голубоватый оттенок. Переходом в нижележащую породу являются мелкие и крупные обломки травертина, легко рассыпающиеся в тот же самый известковый песок, который залегает непосредственно на травертине, окружает и даже проникает в верхний горизонт травертина. Довольно часто можно подметить пластинчато-ореховатую текстуру породы . . . 0,75 м.

3. Известковый туф тонкослоистый, пористый белый или светло-бурый, чуть желтоватый, реже он окрашен в оранжевый, желтый, серый оттенки. Местами травертин отличается плотным сложением, местами, наоборот, он рыхлый, рассыпчатый, и в таких участках в нем изредка можно встретить отпечатки растений. В обнажении под беседкой толщина отдельных слоев травертина, залегающих в общем горизонтально, колеблется от 0,5 см до 4 см. А. В. Львов считает эти отложения и конгломерат под ними за „остатки тункинского озерного отложения в виде высокой террасы“¹²⁾. Верхняя поверхность каждого прослойка б. ч. ровная, на нижней можно подметить небольшие сталоктитовые потеки, придающие поверхности неровный мелко-бугристый вид. Мощность травертина 1,20 м. у беседки. Вверх по Кынгарге, как это видно из профиля на рис. 2, он несомненно выклинивается.

Рис. 5.



Профиль пресных ключей - № 8 и 9

Схематический план расположения минеральных источников курорта „Дршан“

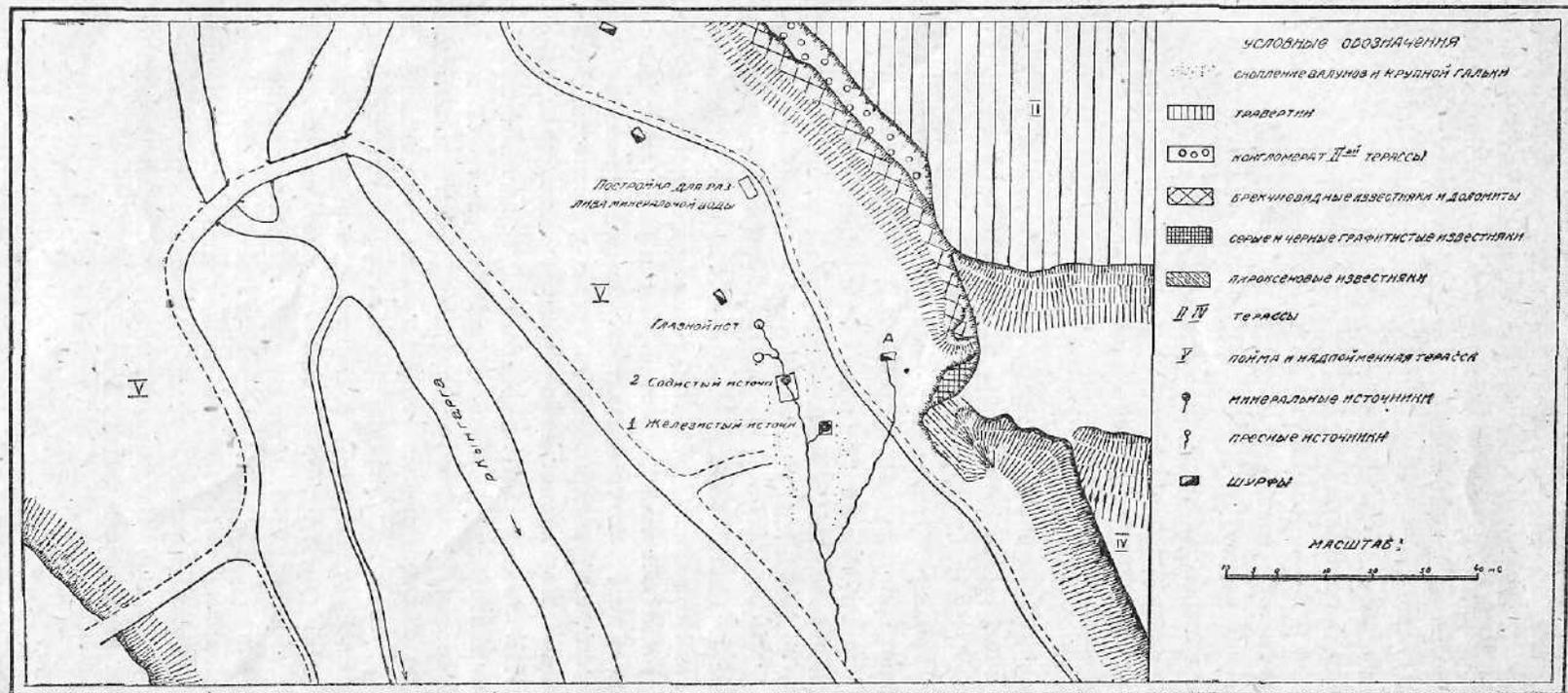
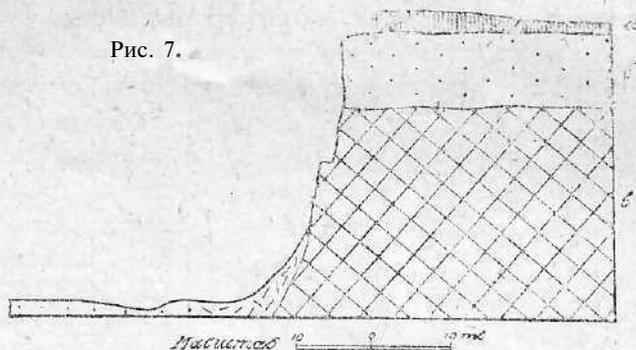


Рис. 6.

Рис. 7.



Профиль левого берега (II-й террасы)

р. Кынгарги несколько выше минерального источника

а - травертин

б - конгломерат

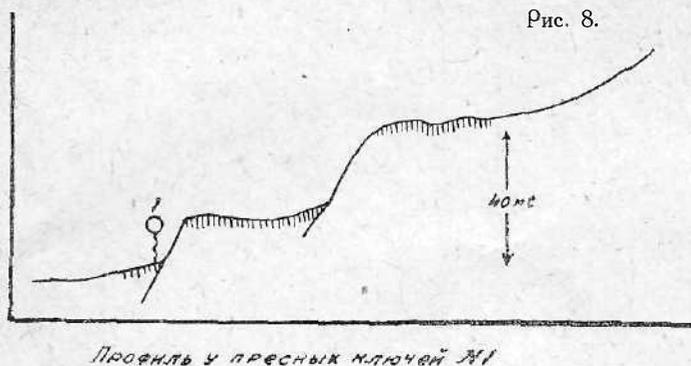
в - брекчиевидный известняк

4, Конгломерат с слабо заметным чередованием слоев крупных (до 70 см и более) и мелких валунов, гальки, песка, состоящих из биотитового гнейса, сланцев, известняка, редких галек черного базальта (12, стр. 40) плотного и пузыристого и др. пород. Конгломерат сцементирован углекислой известью наиболее прочно там, где на него налегает толстый пласт травертина; выше по реке он переходит в галечники. Мощность конгломерата у источника 8—10 мт, вверх по реке она убывает.

Конгломерат залегает на неровной поверхности брекчиевидных известняков и обнаруживает слабый наклон вниз по долине р. Кынгарги. А. В. Львов считает возможным отнести этот конгломерат к юре или мелу, аргументов же никаких в пользу этого по существу не приводит (12, стр. 40+42).

Поверхность II-й террасы слегка волнистая, несколько размытая; вблизи источника она обнаруживает уклон вниз и в сторону от реки. Начинаясь, примерно, от первого водопада, терраса постепенно расширяется, представляя, по видимому, древний конус выноса, который круто обрывается к югу в сторону Тункинской долины. Поле распространения травертина является довольно ровным; за его пределами поверхность террасы мелко бугриста вследствие выдающихся всюду больших валунов. На правом берегу р. Кынгарги находится та же вторая терраса с уклоном в сторону от реки, но травертина на ней нет. Ближе к водопаду наблюдается несколько висячих долин, пропиленных в известняках и сланцах и выполненных валунно-галечным и другим обломочным материалом, гипсометрическое положение которых отвечает описываемой II-й террасе.

Выходы травертина кроме отмеченного выше наблюдаются в $1\frac{1}{2}$ к. к востоку от минеральных источников на склоне среди обильных выходов ключей и в 600-700 мт к западу от них у подошвы гор, ^{12. стр. 15-16 и 23.} где травертин залегает на трех террасовидных уступах (см. рис. 8).



Здесь пласты его разбиты трещинами и обнаруживают разнообразное падение: на СЗ, ЮЗ, СВ под углами до 45° . Травертин плотный, чередующийся спористым, отдельность его скорлуповатая, мощность

более 4-х мт, как видно на среднем уступе. Иногда можно наблюдать залегающую в травертине брекчию, состоящую из разнообразных кусочков, в среднем размерами до 3 см, кристаллического и брекчиевидного известняка различного цвета с углекислым цементом.

Наиболее значительные выходы травертина находятся у источника Аршана II-го. Возраст травертина террасы Кынгарги и Аршана II-го не был установлен до сих пор. И. Д. Черский, относивший первоначально эти отложения к послетретичным, позднее склонялся „видеть в них образования более древнего, быть может, третичного периода”, ^{стр. 167.} Однако, в настоящее время с определенностью можно высказаться за послетретичный возраст травертина Аршана, II-го на основании следующих фактов:

1) В отложениях травертина Аршана II-го в 1928 г. Толстихиным Н. И. совместно с Воат М. М. были найдены наземные молюски, которые по любезному определению В. А. Линдгольма оказались: а) *Fruticicola Schrencki* (Middendorf) „водящийся ныне в восточной Сибири на запад до Алтая; лесная форма”. В третичных отложениях эта форма, по словам В. А. Линдгольма, до сих пор не встречена. б) *Euconulus fluvius* (Mull) „голарктический наземный вид; лесная форма. Известна во всех четвертичных отложениях Европы и Сев. Америки, а также из среднего плиоцена Франции”, где она найдена в пресноводном мергеле.

2) В собранных в 1928 г. отпечатках растений в туфах II-го Аршана И. В. Палибин любезно определил современные формы:

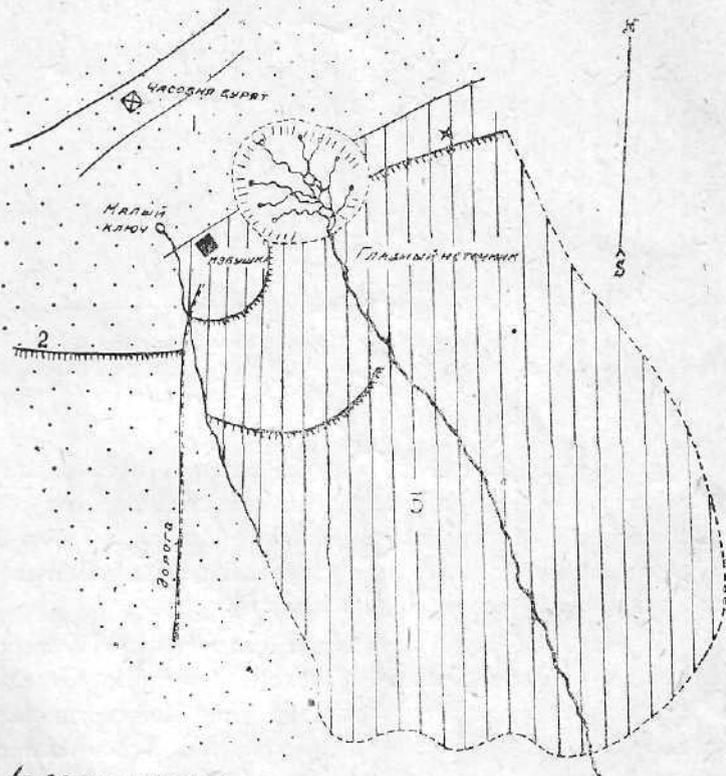
Betula verrucosa Ehrh
Spiraea bifolia B.
Phragmites communis L.
Crataegus sanguinea L.
Salix Caprea L.
Populus tremula L.
Picea Excelsa L.

3) Мало расчлененный молодой рельеф И-ой террасы.

Принимая во внимание приуроченность травертина к выходам пресных родников, можно думать, что он представляет собою наземные отложения этих ключей, выходявших некогда на более высоком уровне. Присутствие в травертине ископаемых наземных животных и растительных форм исключает предположение об озерном происхождении травертина.

Рис. 9.

СХЕМАТИЧНЫЙ ПЛАН АРШАНА 2^{ГО}

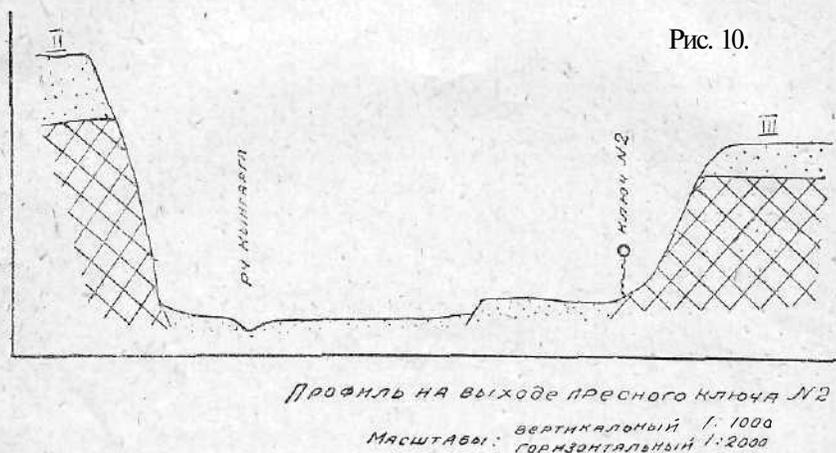


- 1 - оселим склонов
- 2 - Валунно-галечные отложения конуса выноса
- 3 - Травертин, предполагаемая площадь его распространения
- х - Образцы с фауной и флорой

По направлению, как на запад, так и на восток, от минеральных источников можно наблюдать высокие террасы, отвечающие приблизительно I и II, расположенные на склонах Тункинских Альп. И. Д. Черский и А. В. Львов считали их террасами озерного происхождения¹¹⁾. Характерной для них является оборванность в сторону Тункинской долины. Этот крутой, ровный, как бы срез отделяет и, например, II-ую

террасу, у мин. источников от расположенной к югу от них IV-ой террасы.

В основании гор местами наблюдается желобообразное углубление, 12. стр. 15, № аз, достигающее до 20 мт. ширины и представляющее цепь замкнутых со всех сторон неглубоких ям. Прослеживается такого рода ложбина на протяжении нескольких километров. К югу от углубления находится небольшое повышение в виде вала, переходящее в пологий спуск к Тункинской котловине.

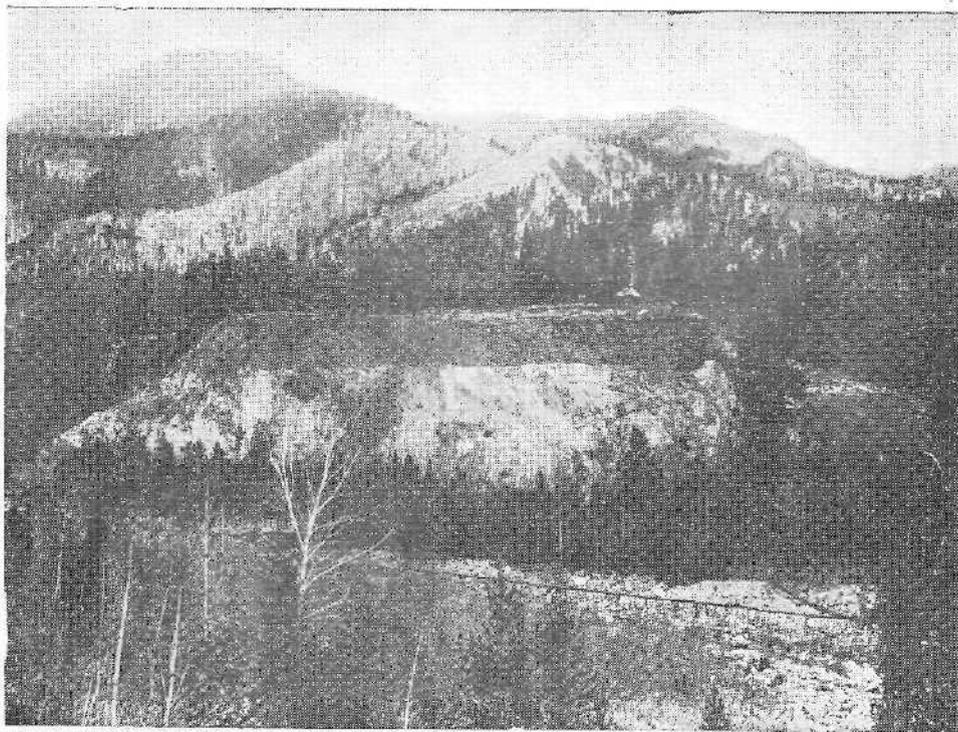


Ш-я терраса, (рис. 10), высотой до* 25 мт над источником хорошо выражена на правом берегу Кынгарги, где она прислонена к обрыву II-й террасы. Она сложена валунными галечниками мощн. 5-7 мт, залегающими на брекчиевидных доломитовых известняках и доломитах. В общем площадь ее распространения не велика (рис. 8).

Более существенное значение имеет следующая—IV терраса. Ее высота до 9-12 мт над современным руслом Кынгарги. Отдельные обрывки этой террасы наблюдаются несколько ниже Кынгаргинского водопада, то на левом, то на правом берегу Кынгарги. Здесь она представлена галечниками, залегающими на коренных породах. Ниже минерального источника она сложена валунами и галечниками, видимая мощн. которых до 10 м, а вероятно значительно больше (рис. 1,9). Постепенно сливаясь с конусами выноса соседних долин, терраса эта расширяется в огромный конус, на котором расположена большая часть курортных построек. Петрографический состав галек и валунов (разм. до 1 мт) этой террасы приблизительно сходен с составом конуса выноса рч. Хайрема, подробно описанного И. Д. Черским (25, стр. 162-164). Это главным образом: гнейсы, граниты, сланцы, различные известняки и доломиты.

Наконец, наиболее молодыми образованиями являются: а) Надпойменная терраса высотой до 1-2 мт над рекой, шириной местами до 150-200 мт. На ней выходят минеральные источники, расположены ван-

7-ой
ние,
щее
того
уб-
оло-



Вторая терраса р. Кынгарги у минеральных источников.

11003.

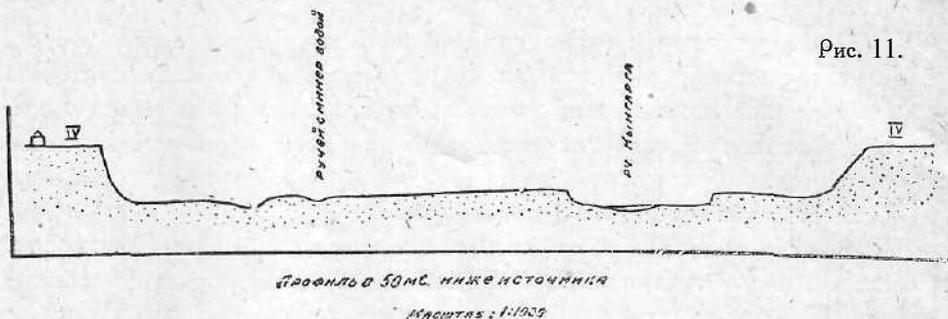
ошо
II-й
аю-
цем



Долина р. Кынгарги, налево постройки на подпойменной террасе, постройки направо на IV-ой террасе.

Ее
об-
до-
гав-
ль-
ото-
ли-
я в
по-
той
ма,
ра-
ой-
до
ан-

ное здание и значительная часть построек курорта (рис. 11). Сложена она, главным образом, валунами, галькой и грубо-зернистым песком. б) Собственно пойма. В верховьях, там, где брекчиевидные породы сменились слоистыми известняками и выше до водопада река течет в ущелии, сложенном кристаллическими известняками и сланцами; пойменные отложения—валуны, галечники, грубые пески—появляются ниже по течению.



Ширина поймы у источника ок. 15-20 м; ниже по течению она постепенно расширяется.

Изверженные породы.

На правом коренном берегу рч. Кынгарги метр. в 300 выше источника находится небольшая жила диорита, указанная А. В. Львовым¹¹⁾.

Предшественниками А. В. Львова и нами она не была замечена вследствие краткого пребывания на Аршане. Небольшие жилы гранита среди сланцев наблюдались на отрогах к западу и востоку от Аршана²³⁾, в сланцах по рч. Кынгарге выше водопада. Значительные массы биотитового гранита залегают под сланцами в 1½ км выше курорта по рч. Кынгарге. Весьма вероятно, что в связи с этим гранитом находится появление некоторых контактных минералов (гранат и др.) и более сильная перекристаллизация прилегающей к нему толщи кристаллических сланцев и известняков.

К югу от курорта большим распространением пользуются базальты, занимающие огромные площади в пределах Тункинской котловины, Еловского отрога и выше по р. Иркуту. 3, 9, 11, 14, 23, 24 и др.

Тектоника.

Падение коренных пород в ближайших окрестностях источника приблизительно на юг под углом 45-60°. Оно осложняется линией ненормального контакта, проходящей по подножью Тункинских Альп и являющейся, повидимому, сбросом, на что указывают следующие факты:

- 1) Зона брекчий разлома, проходящая по подножью гор (породы 2, 3, 4 вышеприведенного разреза).
- 2) Появление с южной стороны этой зоны пироксеновых известняков—породы более древней и необычной для свиты, залегающей к северу от нее.

3) Наличие круто-наклонной более или менее ровной плоскости, срезывающей высокие террасы и нарушающей нормальный их переход в широкий шлейф горных наносов, обычный в основании других горных массивов.

4) Присутствие в основании этой крутой плоскости обрыва желобообразного углубления, появившегося, повидимому, на месте зоны раздробления.

5) Резкое изменение базиса эрозии рч. Кынгарги и соседних речек, в результате чего образовались всякие долины, произошло снижение выходов родников, появление на тектонической линии подземных вод и т. п.

6) Минеральный источник расположен, по всей вероятности, непосредственно на тектонической линии.

7) Состав газо-минерального источника.

Последняя подвижка по описываемой тектонической линии произошла невидимому, после отложения травертина на II-й террасе и до формирования IV-й. Кроме этой молодой линии тектонических нарушений, к северу от нее располагается широкая полоса до 680 м протяженностью по Кынгарге, которая характеризуется брекчиевидностью пород, ее слагающих, некоторые из которых, напр., контакт 10-й с 11-й и 14-ая имеют характер тектонических брекчий. Время образования этой толщи брекчиевидных пород предшествовало формированию не только Н-й, но и I-й террасы, т. к. отложения последней залегают, повидимому, на брекчиевидных породах. Это же подтверждается спокойным, совершенно ненарушенным характером залегания конгломерата и травертина на II-й террасе левого берега рч. Кынгарги и включениями в травертине брекчиевидных пород залегающих ниже.

За отсутствием данных остается невыясненным вопрос о том, в результате каких процессов образовались эти тектонические брекчии и брекчиевидные породы. Во всяком случае попытка И. Д. Черского ²⁵⁾ объяснить происхождение „детритуса“ рч. Кынгарги сносом с гор и вторичным отложением на размытой поверхности коренных пород, попытка, основанная на изучении обнажений по р. Хайрему, где им наблюдались подобные отношения, вряд ли может быть признана удовлетворительной. Не отрицая возможности нахождения переотложенных брекчиевидных пород у подошвы гор, образование брекчий и брекчиевидных пород речки Кынгарги правильнее будет считать за результат деятельности тектонических сил, исходя из разреза на рис. 2.

Г и д р о л о г и я .

Климат Аршана изложен с достаточной полнотой в работах В. Н. Жинкина ⁸⁾ и М. П. Михайлова ¹⁶⁾. Ниже приводится табл. 1, в которой показаны средние осадки и температура воздуха по месяцам. Таблица составлена на основании вышеуказанных работ и по данным метеорологической станции на Аршане за 1922-1928 г. г., любезно предоставленным нам наблюдателем на Аршане М. М. Воатом, которому выражаем здесь свою глубокую благодарность.

Из таблицы вытекает, что наибольшее количество осадков выпадает летом, т. е. благоприятно для пополнения водоносных горизонтов. Зимние осадки, которых выпадает немного, во время весеннего снеготаяния должны большей частью стекать по поверхности, т. к. почва не успевает еще протаивать. Особых оснований рассчитывать на развитие вечной мерзлоты на южных склонах гор не имеется; средняя годовая температура составляет всего лишь $1,3^{\circ}\text{C}$ ниже 0° . Но все же некоторые указания на возможность залегания мерзлоты на ровных залесенных площадках получены работами 1920 г. ²³⁾, когда в октябре м-це в шурфе на II-й террасе на глубине 160 см. от поверхности наблюдался мерзлый слой.

Главным источником водоснабжения курорта и прилегающего к нему поселка является рч. Кынгарга. Она берет начало в центральной части Тункинских Альп, пропиливает в них глубокое ущелье, образуя несколько живописных водопадов и протекает ниже в непосредственной близости к западу от источников, пересекая весь курорт с севера на юг. Вода прозрачна, холодна, вкусна, без цвета и запаха. Максимальное количество воды в речке приходится на летние м-цы вследствие обилия осадков, выпадающих летом и усиленного снеготаяния в верховьях. Зимой атмосферных осадков, мало, выпадают они в виде снега, температура воздуха до марта м-ца поддерживается ниже нуля и питание речки происходит главным образом за счет подземных вод. В феврале расход падает до минимума и тогда всю протекающую по речке воду можно считать родниковой. Значительный приток подземных вод в речку Кынгаргу наблюдается начиная от минерального источника на протяжении 200-300 мт. вверх по течению и сильно влияет на изменение температуры рч. Кынгарги, как это видно из табл. 2, п. 10-13. По замерам осенью 1928 г. температура рч. Кынгарги выше выхода ключа № 4 равна $4,2^{\circ}\text{C}$, тогда как ниже ключей она постепенно повышается под влиянием разбавления более теплой родниковой. Это влияние подземных вод на зимний режим настолько велико, что ниже ключей № 4 р. Кынгарга зимой не замерзает, тогда как выше она покрывается льдом до самого водопада.

Берега поймы рч. Кынгарги вблизи минеральных источников не высокие, падение речки большое, уровень воды на поперечнике через источники стоит почти на одной высоте с выходом минеральной воды, тем самым создается первая угроза; возможность прорыва рч. Кынгарги к минеральному источнику и нарушение существующей гидрогеологической обстановки, вследствие чего источник может потеряться.

Кроме рч. Кынгарги в окрестностях курорта имеется несколько горных долин, часть которых лишь периодически обводняется; другие имеют ручьи лишь в верховьях, ниже вода их теряется в наносах или в брекчиевидных, доломитовых породах.

В окрестностях минеральных источников можно выделить 4 типа вод: 1) приурочен к брекчиевидным и слоистым породам палеозоя и расположен к северу от тектонической линии; 2) приурочен к валунным галечникам IV-й террасы и располагается к югу от тектонической линии; 3) залегает в валунно-галечных отложениях поймы рч. Кынгарги и

4) связан с линией тектонических нарушений; к нему непосредственно приурочены и минеральные источники.

I-й тип воды образует водоносный горизонт и имеет большое значение в гидрогеологии района. Трещиноватые, брекчиевидные доломитовые известняки и доломиты являются прекрасными проводниками воды, которая переполняет не только мелкие трещинки породы, но, повидимому, образовала и значительные трубообразные ходы, по которым может протекать большое количество воды, подтверждением чего служит значительный дебит некоторых родников, вытекающих из данного горизонта. Областью питания этого горизонта является вся горная часть массива от тектонической линии к северу до водораздела, ибо выпадающие в горах осадки стекают по склонам и в значительной части поглощаются известняками. В качестве примера можно указать на небольшой горный ручей, протекающий во второй от Кынгарги долине к востоку, который на высоте ок. 135-140 мт. над минеральным источником скрывается в воронкообразных углублениях в брекчиевидных известняках, не доходя $1/2$ клм до выхода ущелья в Тункинскую котловину. В береговых обрывах этого ручья в известняках на разной высоте можно видеть трещины и трубообразные ходы, видимо, выточенные водой. Подстилается известняковая свита мощной толщей кристаллических сланцев и гнейсов, имеющих падение на юг, т. ч. общий сток подземных вод данного горизонта должен направляться к югу и выходить в наиболее пониженных местах, последнее действительно и наблюдается по подножью Тункинских Альп. Глубина залегания воды I-го горизонта в известково-доломитовых породах зависит в значительной степени от рельефа, так в районе распространения П-й террасы подземные воды залегают, судя по родникам, на глубине от 15-25 мт. В пределах поймы Кынгарги глубина залегания зеркала воды этого водоносного горизонта зависит от мощности налегающих нафсов, непосредственно под которыми находятся брекчиевидные доломитовые известняки. Глубина залегания данного водоносного горизонта около источника неизвестна. Если исходить из мощности аллювиальных отложений П-й и Ш-й террасы, то можно думать, что на глубине между 20 и 30 мт. под наносами поймы может быть встречен водоносный горизонт известково-доломитовой толщи.

Первый, начиная с запада, крупный родник этого водоносного горизонта известен в 6-7 клм. от Аршана I-го — это т.н. Аршан П-й (см. рис. 9). Он расположен у подножья гор, врезавшись в основание их в виде большой родниковой воронки до 30 мт. диаметром в основании и до 80 мт. между бровками склонов воронки. Из стенок воронки в виде 9 бурных потоков вырываются ключи, которые дают начало небольшой речке Халу-Угун или Аршан, П-й. Вода чистая, прозрачная, без вкуса, цвета и запаха, темп. ее $8\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$. Радиоактивность ее по И. А. Багашеву ²⁾ равняется 1,27 единиц Махе, по В. П. Никитенко ²⁰⁾—4,0 единиц Махе. Все выходы расположены, приблизительно, на одной высоте, повидимому, равной высоте террасы с травертином I-го Аршана. Остроугольные валуны, из под которых бьют ключи, состоят из кристаллического известняка палевого цвета, гнейса, кварца, конгломерата, крупных глыб пироксенового известняка, известковых брекчиевидных пород и др. В 30-40 мт. от головы источника вниз по течению на левом берегу ключа появляются первые

выходы травертина, который занимает здесь обширную площадь до 1-го км длиною и до 200-300 мт. шириною. Известковый туф отличается большой мощностью. Встречаются как плотные, так и рыхлые разновидности; по И. Д. Черскому в туфах наблюдаются даже годовые слои нарастания. Отложения туфа были первоначально приняты за древние развалины ¹⁹⁾, а затем И. Д. Черским эта ошибка разъяснена ²⁶⁾.

По данным раскопок, производившихся Чертовым ¹⁹⁾, травертин переслаивается с глинисто-песчаными отложениями. Под травертином залегает водоносный горизонт в глине, смешанной с песком, вскрытый шурфом на глубину до 3-х мт. Отложения травертина небольшими ступенями, „полуцирками“ спускаются от гор к югу. К западу от главного родника выходит небольшой ключ из того же горизонта.

Ключи № 1 вытекают ²³⁾ в основании террасовидного уступа, в 600 мт. от минерального источника к западу (рис. 1 и 8). Родниковые воронки этих ключей сильно заросли. Вода имеет обычные свойства воды Аршана Н-го. По предварительному испытанию она оказалась очень слабо радиоактивной. К выходам ключей приурочено развитие здесь травертина, отмеченное выше.

Ключи №-2 пробиваются через наносы рч. Кынгарги на пойменном ее участке и, видимо, смешиваются с водою Ш-го водоносного горизонта. На это косвенно указывает режим ключей: летом воды больше, зимою меньше совпадающий с режимом Кынгарги (см. табл. 1).

ТАБЛИЦА 1.
Режим атмосферы и гидросферы Аршана.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Средн. за год
1. Осадки в м. м. за годы с 1911 по 1928 (имеются перерывы в наблюдениях по отдельным месяцам)	3.7	2.7	4.4	10.1	35.9	110.3	152.5	105.2	50.9	15.1	8.4	5.1	478.9
2. Температура воздуха за годы с 1910 по 1925 средняя за сутки по месяцам	-17.0	-	-9.1	-	7.9	-	16.3	-	7.6	-	-9.8	-	-1.3
3. Режим рч. Кынгарги													
4. Режим ключей № № 8,9 (у об'езчика)													
5. Режим ключей № 2 (купальни).													

Примечание: Составлено по данным наблюдателя Аршанской метеорологической станции М. М. Воат и литературным источникам.

Зимой ключи не замерзают. Они выходят группой в непосредственной близости к правой Ш-ей террасе Кынгарги, 25-30 мт. высотой. Главная, наиболее крупная группа ключей расположена у самой подошвы верхней террасы (см. рис. 1,10) в расстоянии ок. 300 мт. выше моста через рч. Кынгаргу. Вода ключей небольшим ручьем направляется по пойменной террасе и наполняет две купальни, поэтому источник называется „Купальный Ключ“. Температура у купальни 5,8—6°С. По данным А. В. Львова, вода радиоактивна ^{8,23}).

Ключи № 4 выходят из брекчиевидных известняков левого берега Кынгарги в 220-230 мт. выше минеральных источников и отличаются значительным дебитом. Температура 6,4°С. Над этими ключами на II-й террасе и ниже по течению залегает травертин. Возможно, что происхождение его связано с прежней деятельностью этих ключей. Несколько ключей: 3-й, 6-й выходят в пойме рч. Кынгарги и, повидимому, относятся к типу смешанных — воды I-го+III-го водоносных горизонтов.

Ключи № 7, 8 и 9 выходят из склона гор и у подошвы II-й террасы к востоку от минеральных источников. Верхняя группа ключей (№ 9) на высоте до 40 мт. над минеральным источником имеет температуру 6,3°С, радиоактивность 0,58 ед. Махе, вытекают они из осыпи, сложенной остроугольными обломками брекчиевидных известняков, покрытых отчасти обломками и валунами других пород. Обращает на себя внимание своеобразный режим этих ключей. Летом они отсутствуют. Начиная с августа, в родниковых воронках появляется вода и ручьями стекает по крутому склону. Дебит источников быстро возрастает, достигая максимума с сентября по ноябрь; далее он снова убывает, и в декабре ключ перестает функционировать. За это время образуются большие накипи и наледи, которые постепенно стайвают к концу апреля. Данных по расходу воды нет, но приблизительно он равняется 10-15 литрам в секунду в августе-сентябре. Ключи № 7 имеют вид небольших мочежин и лужиц без поверхностного стока. Ключи № 8 вытекают ниже ключей № 9 почти в основании склона вблизи выхода травертина. Температура их выше и радиоактивность больше, чем ключей № 9. Расход воды меньше, но отличается большим постоянством. Все эти ключи собираются в ручей, который течет по IV-й террасе и пересекает восточный край курорта. Если принять во внимание метеорологические данные и режим Кынгарги, то своеобразный режим этих ключей можно объяснить, как прохождение паводка в данном водоносном горизонте, несколько запаздывающего по сравнению с Кынгаргским. Впрочем, не исключается возможность и других толкований: а) связь родников с первым к востоку от р. Кынгарги ручьем, который исчезает в брекчиевидных доломитах: на отметке в значительно более высокой, чем выход родников; б) промерзание и оттаивание и пр.

Режим ключей Аршана II-го близок к только что указанному; но зимою вода его не замерзает и течет круглый год. При разворачивании родниковых воронок I-го водоносного горизонта часто появляются пузырьки газа, который никем еще не изучен.

Кроме водоносного горизонта в верхней известково-доломитовой толще можно рассчитывать на наличие водоносного горизонта в нижней толще известняков и доломитов, залегающей между сланцами.

II-й тип образует водоносный горизонт в отложениях IV-ой террасы; как наименее изученный, пока не рассматривается.

III-й тип пресной воды, аллювиальный, приурочен к отложениям поймы реч. Кынгарги и надпойменной террасы. Мощность аллювиальных отложений неизвестна, но можно думать, что у минеральных источников она не будет очень значительна, т. к. в 500 мт. выше реч. Кынгарга течет по дну, сложенному из коренных пород. Расположенные вблизи источников древние аллювиальные отложения II-й террасы, не превосходят 10 мт., что до некоторой степени может указывать на небольшую толщину современного аллювия. Глубина зеркала воды около источников находится в пределах 1-2 мт. и местами более. Ниже по течению Кынгарги она возрастает. Характер отложений поймы—рыхлые валунно-галечные наносы с грубым песком—обеспечивает большую водопропускную способность породы, подтвердившуюся при рытье шурфов и откачке воды из них возле источников и при наполнении небольшого бассейна перед гидро-электро-станцией курорта, из которого при закрытии шлюза подводящего канала вода очень быстро уходит, фильтруясь в стенки и дно.

При рытье водоотводящей канавы ниже электро-станции, по словам М. М. Воата, мерзлого слоя в отложениях поймы не было обнаружено, несмотря на значительную глубину этой канавы. Отсутствие вечной мерзлоты в пойме обеспечивает выходы минеральных источников в одном и том же месте, и ставит каптаж источников в более выгодные условия, чем это имеется для большинства Забайкальских минеральных источников, где вечная мерзлота почвы имеет огромное значение, как в режиме ключей, так и при каптировании их.

Питается III-й водоносный горизонт за счет: а) I-го водоносного горизонта, б) речки Кынгарги, в) атмосферных осадков. I-й водоносный горизонт питает III-й лишь там, где на нем залегают аллювий, т. е. выше минеральных источников по течению р. Кынгарги. Питание должно быть довольно равномерным и происходить круглый год; максимум подтока может происходить осенью, как указывает режим ключей № 9. Речка Кынгарга отдает много воды в летнее время, зимою же, наоборот, сама питается за счет подземных вод. Атмосферные осадки фильтруются главным образом с апреля по октябрь, в дальнейшем, с наступлением морозов их роль в питании водоносных горизонтов прекращается. Отсюда ясно, что больше всего воды поступает в III-й водоносный горизонт летом, а меньше зимой и ранней весной, когда уровень воды должен стоять наиболее низко, что имеет некоторое значение при выборе времени производства каптажа.

Направление течения подземных вод III-го водоносного горизонта у минеральных источников к югу, согласно общему уклону аллювиальных отложений и, частью, в сторону к реч. Кынгарге, т. к. по берегам ее

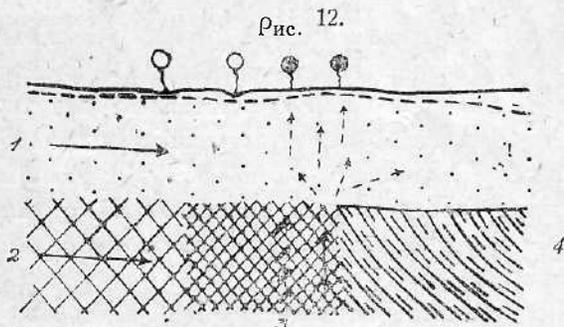
можно подметить небольшие роднички (№ 6, 3). Ниже по течению в пределах курорта и поселка направление потока подземных вод, повидимому, идет к югу и в тоже время от Кынгарги в стороны, так что река постепенно теряется в своих наносах.

Так как уровень рч. Кынгарги находится почти на одной высоте с зеркалом аллювиального водоносного горизонта и минеральных источников, то достаточно небольшого понижения, например, откачкой, уровня этого горизонта, чтобы изменить соотношение и вызвать приток воды из Кынгарги. Температура воды аллювиального водоносного горизонта по замерам в конце сентября 1926 г. 6,3—7,8°C.

В нескольких метрах выше минеральных источников в пойме выходит ключ, называемый „глазным" или „борным". Вода его бесцветна, прозрачна, безвкусна с темп. 8-9°C, заметно прогревание воды к вечеру.

Борный ручей протекает под беседкой 2-го „содистого" минерального источника, смешивается с минеральной водой и течет далее на юг по пойме рч. Кынгарги, принимая в себя воду из I-го минерального источника.

IV-й тип воды—смешанный; приурочен, повидимому, к зоне брекчий разлома, по которой поднимается минеральная вода (Рис. 12). По выходе



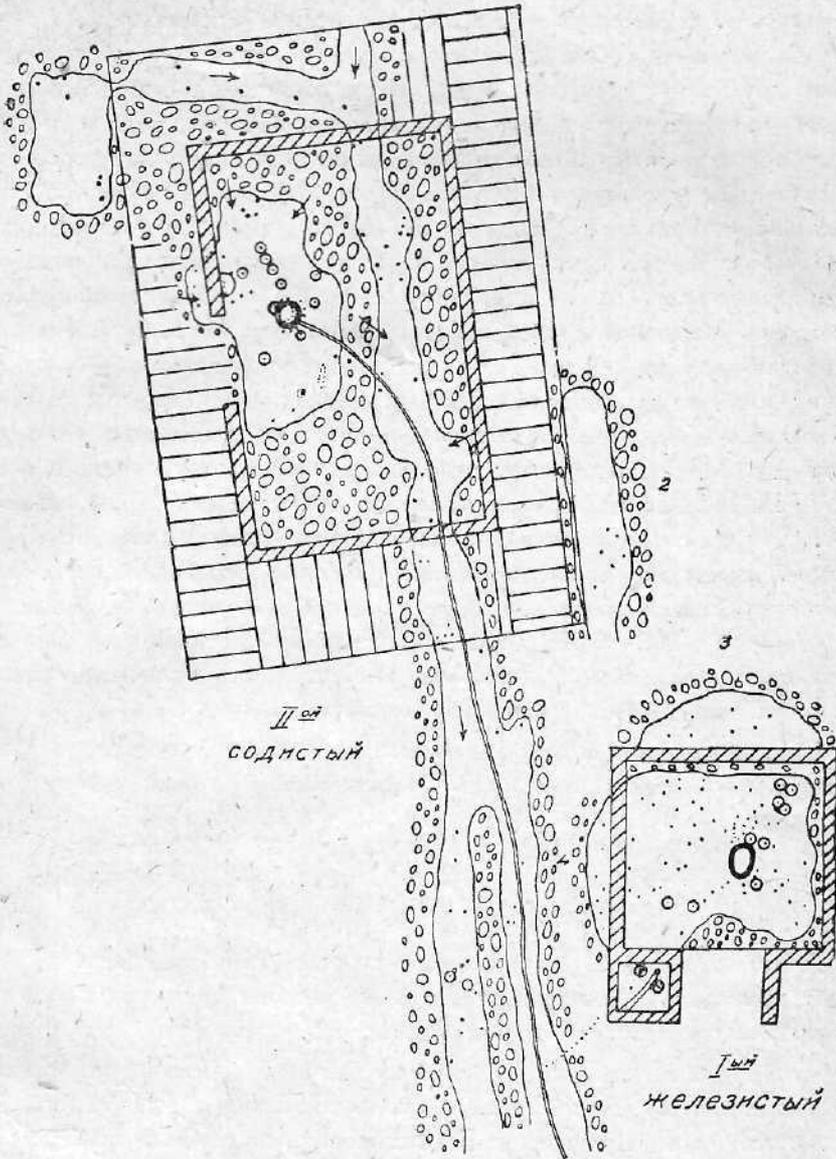
- 1 - Валуны и щебенки
- 2 - Брекчия видится известняки и доломиты
- 3 - Брекчия
- 4 - Лимонитовый известняк
- 5 - Стрелки указывают направления течения вод

из трещины разлома минеральная вода, будучи насыщена газом, а потому более легкая, пробивает III-й водоносный горизонт в галечниках и выходит в виде двух минеральных источников: № 1 „железистый" (ближе к курорту) и № 2—„содистый" в 8 мт. от первого на СЗ. Общее положение источников видно из плана № 1.

а взаимное положение источников, выходы газовых струй можно видеть на рис. 13.

Теперь мы перейдем к описанию небольших работ, которые были произведены здесь осенью 1926 г. В обеих беседках у источников были вскрыты полы и настил вокруг беседки 2-го источника.

Наносы вокруг колодцев внутри беседок были отчасти сняты на глуб. 5-10 см., и эта площадь, покрытая водой, дала возможность видеть места, на которых выделялся газ. На рис. 13 кружками и точками обозначены пункты, в которых происходит постоянное или периодическое



ПЛАН ГАЗОВЫХ ВЫДЕЛЕНИЙ ОКОЛО I жє II содн ИСТОЧНИКОВ

Чертежи в I жє и верный круг во II содн источниках - каптажные устройства (божки "овзак")

Черными точками обозначено слабое выделение газа, а кружками stronger.

МАСШТАБ 1/50



выделение газа. Существующие сейчас колодцы не могут быть названы каптажами, т. к. масса газа выходит вне стенок этих колодцев, т. е. минеральная вода не собрана сколько нибудь полно в колодцы и не изолирована от пресной грунтовой воды. В первом колодце не видно струй пресной воды, но при откачке воды колодца насосом, вода в нем постепенно опреснялась. Во И-ом источнике отчетливо видно, как пресные воды просачиваются в северном углу расчистки колодца, а также со стороны канала, по которому идет вода из „глазного ключа“ и с запада, со стороны ямы № 1. При откачивании воды из этого колодца, вода в нем также опреснялась. Чтобы определить хотя бы приблизительно площадь, на которой выделяется газ, были вырыты ямы № 1, 2, 3, 4 и канава, выводящая воду из 1-й ямы. Во всех этих ямах, кроме 4-й, оказалась пресная вода, из под которой местами периодически выделялся газ. Общую величину площади, на которой происходит выделение газа, можно считать ок. 340 кв. мт. Дебит отдельных газовых струй очень непостоянный. 17-IX 1928 г. был сделан замер дебита сильных струй газа, выходящих у I-го источника (в пункте детального плана) слева от входа, в так называемом „коровьем источнике“, из которого вода поступает в ванный корпус. Замер показал, что дебит одной из многочисленных струй газа равняется 0,02—0,025 литра в секунду. Из детального плана видно, что таких газовых струй много, что большая часть их выходит мимо современных „каптажных“ цилиндров источников.

Состав газа по данным анализа газовой лаборатории Геологического Комитета, произведенного А. Н. Черепенниковым, таков:

Углекислый газ CO_2	98,5%
Азот N	1,5%
Редкие газы	следы

Довольно высокий общий дебит газовых струй и состав газа позволяют высказать предположение о возможности организации здесь завода по добыче и эксплуатации углекислого газа.

Чтобы узнать строение и глубину речных наносов рч. Кынгарги, был заложен шурф (А на рис. 6) около подножья обрыва левого берега против источника. Шурф пришлось остановить на глубине ок. 2-х мт. из-за сильного притока грунтовой воды, подымавшейся снизу довольно сильной струей. Попытки углубить старый шурф А. В. Львова к северу от источника окончились неудачей также из-за сильного притока воды.

Для предварительного подсчета дебита минеральной воды из 1-го и 2-го источников была проделана пробная краткая откачка насосом воды из колодцев. В начале откачки из 1-го колодца уровень понизился и через 5 мин. остановился на одном горизонте и оставался почти постоянным в течение $\frac{3}{4}$ часа. В конце 46 минуты вода, окружающая колодец, промыла себе ход через отверстие в стенке, после чего уровень воды в колодце сразу поднялся, и откачка была прекращена. За это время—

($\frac{3}{4}$ ч.)—было выкачено около 515 литров воды, что даст ок. 0,2 литра в одну секунду, или ок. 16.000 литров или 1300 ведер в сутки.

Во 2-м колодце откачка производилась в течение часа, при чем уровень воды вокруг колодца понижался в течение 45 м., а потом остановился. Воды в течение часа было выкачено ок. 507 литров или ок. 0,14 в одну сек., т. е. примерно 11.100 литр. или 900 ведер в сутки. Эти количества воды преувеличены, т. к. при откачке в колодцы просачивалась пресная вода, количество которой не поддается учету. Вода в обоих колодцах при откачке заметно опреснялась.

Температура „железистого“ источника около 8,8—8,5°С, „содистого“ ок. 9,2—9,4°С. По данным М. М. Воат, который делал замер температуры источников круглый год, температура воды была всегда постоянной, всегда между источниками № 2 и 1 была разница приблизительно на 0,5°. Только однажды наблюдался небольшой скачек в сторону повышения температуры воды источников, который по времени почти совпал с последним японским землетрясением 1923 г., но затем снова установилась прежняя 1°. Постоянство температуры лишний раз подтверждает, что источники берут начало на довольно большой глубине. Разница в температурах на 0,5° между источниками № 1 и 2 тоже не является случайной и может быть объяснена тем, что: 1) источник № 1 поднимается с меньшей глубины, или 2) по другой трещине, 3) происходят большие примешивания холодной воды I-го или III-го водоносного горизонтов.

Температура воды I-го горизонта в среднем около 6,5°С, а температура аллювиального около 7°С, т. ч. подобного рода зависимость вполне возможна, как видно из табл. II.

Т а б л и ц а II.

Температура воды р. Кынгарги, минеральных и пресных вод.

№ по пор.	МЕСТОНАХОЖДЕНИЕ.	Время набл.	Т	Время набл.	Т	Примечание
		IX.26.	мп. вод. °С	IX.28.	мп. вод. °С	
1	Минеральный источник № 1 „Железистый“	26	8,5	14	8,8	Градуировка термом. выверена.
2	„ „ № 2 „Содистый“	—	9,1	—	9,2	
3	Пресный родник № 2 у купальни	—	—	—	5,8	
4	„ „ № 3 в пойме р. Кынгарги	—	—	—	6,9	
5	„ „ № 4 на лев. бер. р. Кынгарги	—	—	18	6,4	
6	„ „ № 5 „Борный“ „Глазной“	—	8,8,5	14	8,9	
7	„ „ № 6 На правом бер. р. Кынгарги у моста	—	—	18	6,8	

1 пор. я	МЕСТОНАХОЖДЕНИЕ	Время набл. IX-26	I эмс. С	Время хгбл. IX-28	эмс. С	Примечание
8	Пресный родник № 8 на восток от мин. ист.	—	—	14	6,7	
9	„ „ № 9 „большой“	—	—	—	6,3	
10	Рч. Кынгарга выше ключа № 4	—	—	18	4,2	
11	„ „ у моста	—	—	—	4,1	
12	„ „ у ванного корпуса	—	—	—	4,8	
13	„ „ правый рукав там же	—	—	—	5,0	
14	В шурфе на восток от минер. ист. у обрыва алювиальный водонос. гор.	28	6,3	—	—	
15	В яме на запад от мин. ист. № 2 алювиальный водонос. горизонт.	29	7,8	—	—	
16	Аршан второй	—	—	1920 г.	8,5	
			М. М. Васильевский			Н. И. Толстихин.

Радиоактивность источника—очень малая и меньше радиоактивности воды I-го водоносного горизонта (данные по Аршану II). Как видно из таблицы III.

Т а б л и ц а III.

Радиоактивность минеральных и пресных вод и газов.

№ по пор.	НАЗВАНИЕ	И. А. Богаши 1914 г. ²⁾	В. П. Никитенко 1921 г. ²⁰⁾	Экспедиция А. В. Львова 1920 г. ²⁴⁾	Проф. С. Арцыбашев 1927 г. ¹⁾	Примечание
В О Д А						
1	Мин. источник № 1 «Железистый»	—	—	—	0,13*) 0,36	*) В числителе Кюри $\times 10^{-9}$; знаменателе ед. Махе
2	» » № 2 «содистый»	0,21 0,45—0,70	1,37 3,7	—	0,21 0,58	
3	» * «Коровий»	—	—	—	0,18 0,51	
4	Пресный ключ № 1 . . .	—	—	Радиоактивн.	—	

по пор.	НАЗВАНИЕ	И. А. Богашев 1914 г. ²⁾	В. П. Никитенко 1921 г. ²⁰⁾	Экспедиция А. В. Львова 1920 г. ²⁴⁾	Проф. С. Арцыбашев 1927 г. ¹⁾	Примечание
5	Пресный ключ № 2 . . .	—	—	Радиоактивн.	—	
6	> > № 8 . . .	—	—	0,27 0,73	—	
7	> > № 9 . . .	—	—	0,21 , 0,58	—	
8	* Аршан II-й	0,47	1,48	—	0,35	
		1,27	4,0	—	0,93	
Г А З Ы						
9	Мин. источники № 1 «железистый»	—	—	—	0,44 1,22 ^{***}	
10	> > № 2 «содитый»	—	—	—	0,73 2,04	
11	> > > «коровий» . . .	—	—	—	0,69 1,91	

По наблюдениям д-ра Никитенко ²⁰⁾, активность воды возрастает, как после обильных осадков, так и ранним утром. Т. к. осадки выпадают при пониженном атмосферном давлении, то выход газа, а следовательно и минеральной воды, повидимому, усиливается. Утром минерализация источника сильнее, чем днем, как это доказал Н. П. Шавров ²⁷⁾. По данным проф. Арцыбышева ¹⁾ содитый источник имеет активность несколько выше железистого; коровий имеет средние цифры. Радиоактивность газа выше, чем воды. Все эти факты заставляют думать, что радиоактивность источника приурочена именно к минеральной воде и не может быть объяснена за счет примеси пресного, аллювиального водоносного горизонта.

Химические анализы вод источников были сделаны в 1909, 1919, 1928 г. г. *) (1, 7, 8, 27) (см. табл IV)

Химические анализы вод

	Анализы 1927 г. ²⁷⁾					
	Источник № 1 «железистый»			Источник № 2 «содистый»		
	Гр/л	Мгр экв/л	Мгр экв ^{0/0}	Гр/л	Мгр экв/л	Мгр экв ^{0/0}
Сух. ост. 120°	—	—	—	—	—	—
Сух. ост. после прокал.	—	—	—	—	—	—
Потеря при прокаливании	—	—	—	—	—	—
Na	0,126	5,48	12,4	0,137	5,96	12,5
K	0,022	0,56	1,3	0,045	1,15	2,4
Ca	0,570	28,50	64,6	0,624	37,2	64,3
Mg.	0,0995	8,17	18,5	0,112	9,19	18,9
Al.	0,011	1,20	2,7	0,0081	0,9	1,9
Fe.	0,006	0,21	0,5	0,004	0,14	0,3
Mn	0,0002	0,007	0,02	0,00026	0,01	0,02
Сумма	—	44,127	—	48,56	—	—
Cl'	0,0602	1,7	3,8	0,0367	1,6	3,3
SO ₄ "	0,4003	8,34	18,8	0,432	9,01	18,5
HCO ₃ '	2,01	33,00	74,5	2,245	36,8	75,5
HSiO ₃ '	0,0474	1,24	2,8	0,0502	1,31	2,7
PO ₄ "	—	—	—	—	—	—
Сумма	—	44,28	—	48,72	—	—
Свобода. CO ₂	1,2496	—	—	1,325	—	—
Общ. кол. CO ₂	—	—	—	—	—	—
Жестк. в нем гр.	—	—	—	—	—	—

*) В работе Н. П. Жинкина повидимому перепутаны №№ источников, как это вытекает

*) HCO₃ найдены аналитическим путем, а по разности эквивалентов между суммами заметить и относительно свободных CO₂; они найдены предположительно по разности между

***) Валовое содержание CO₂ меньше, невязка анализа м. б. частью есть связ. CO₂.

Т а б л и ц а IV-ая.

Аршанских минеральных источников

вод

Анализы 1919 г. ⁸⁾						Анализ 1909 г. ¹¹⁾		
Источник № 2 «содистый»			Источник № 1 «железистый»			Гр/л	Мгр. экв/л	Мгр экв %
Гр/л	Мгр экв/л	Мгр экв %	Гр/л.	Мгр пкв/л	Мгр экв %			
2,3389	—	—	2,1180	—	—	2,2896	—	—
2,1634	—	—	1,9618	—	—	1,5995	—	—
0,1735	—	—	0,582	—	—	0,6901	—	—
0,099	4,30	9,0	0,095	4,12	9,3	0,106	4,61	10,1
0,016	0,73	1,5	0,016	0,72	1,6	0,0091	0,17	1,3
0,621	31,46	65,5	0,59	29,50	Г>6,8	0,58	29,26	11,2
0,122	10,00	20,8	0,111	9,06	20,5	0,13	9,04	19,8
0,014	1,54	3,2	0,0066	0,73	16	0,0176	1,94	4,2
0,00078	0,03	0,1	0,0012	0,05	0,2	0,0039	0,14	0,3
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	48,06	—	—	44,14	—	—	45,46	—
0,0420	1,16	2,4	0,0420	1,16	2,6	0,038У	1,10	2,4
0,4104	8,76	18,2	0,3564	7,43	16,8	0,3277	6,83	15,0
2,2436*)	36,78	76,5	2,0929*)	34,31	77,8	2,2588*)	37,03	81,5
0,083	1,08	2,3	0,073	0,94	2,1	0,038	0,49	1,1
0,0090	0,28	0,6	0,0095	0,30	0,7	0,0002	0,01	0,02
—	48,06	—	—	44,14	—	—	45,46	—
0,91	—	—	—	—	—	0,6339	—	—
2,53	—	—	1,452**)	—	—	2,2632	—	—
120,66°	—	—	110,30°	—	—	113,23°	—	—

из сопоставления текста страниц 29 и 30 с данными анализов на стр. 27. онов и анионов. поэтому не следует придавать абсолютного значения этим цифрам. То же нужно выими содержания CO₂ и связанными HCO₃. Но такие результаты являются наиболее вероятными-

Наиболее обстоятельная характеристика воды с химической точки зрения дана проф. Н. П. Шавровым. На основании химического состава он считает воду минеральных источников гидрокарбонатно-известковой. Не останавливаясь на химической характеристике, мы должны лишь обратить внимание на меньшую минерализацию источника „железистого“ по сравнению с „содыстым“, как это хорошо видно из результатов наиболее надежных анализов проф. Н. П. Шаврова. Из сопоставления анализов воды источников „содыстого“ и „железистого“ вытекает, что при общей меньшей минерализованности последнего, количество железа и хлора в нем больше, чем в содыстом. Данные анализа 1919 г. также подтверждают большее количество Fe^{2+} и равное содержание Cl^{-} в железистом источнике. Если принять разбавление источника водою, не содержащей хлор, то следовало бы ожидать уменьшение его количества. Кроме того, анализы 1919 г. показывают большее количество в „железистом“ источнике PO_4^{3-} . Наблюдениями при откачке выяснилась возможность подтока воды аллювиального горизонта. Температурные, химические наблюдения и данные по радиоактивности говорят в пользу более значительной примеси пресной воды в источнике № 1 — „железистом“: он слабее минерализован, имеет более низкую температуру и меньшую радиоактивность. Тогда, естественно, возникает вопрос не обусловлено ли большее количество Cl^{-} в „железистом“ источнике, как более опресненном, привнесом его грунтовой водою? В этом отношении было бы полезно иметь анализы грунтовых вод и пресных источников, выходящих вблизи. Как видно из цифр анализов, количество хлора из года в год возрастает. Повидимому, мы имеем здесь дело не со случайным явлением, а с закономерным. Увеличение хлора в воде минерального источника должно быть рассматриваемо в таком случае как последствие увеличения его количества в притекающей пресной воде, ибо анализы не дают никаких оснований думать о более сильном разбавлении минеральных источников пресной водой с течением времени вообще.

Гидрогеологическая обстановка выхода минеральных источников указывает на возможность подмешивания воды 1-го и 3-го водоносных горизонтов. По отношению к 1-му нет оснований рассчитывать на систематическое увеличение количества хлора в нем. 3-й аллювиальный водоносный горизонт залегает в валунных галечниках, отлично фильтрующих неглубоко от поверхности. Питание его за счет 1-го горизонта и рч. Кынгарги исключает возможность привноса отсюда хлора. Остается последнее — поверхность. Состояние окрестностей источников антисанитарное. Количество посетителей из года в год увеличивается (более 500 чел.), вместе с этим возрастает загрязнение участка поймы выше источника, где имеется даже мусорная яма, устроенная возле построек для экспорта воды. Вокруг источника, особенно после окончания сезона, можно увидеть пасущихся коров, и поэтому небольшой колодец около 1-го источника, из которого коровы пьют воду, и назван „коровым“.

Таким образом, имеются налицо все условия для загрязнения аллювиальных вод. Течение подземных вод направлено с севера на юг, т. е. к источникам. Условия для загрязнения минеральной воды, при отсутствии каптажа, чрезвычайно благоприятные и подтверждаются целым рядом вышеизложенных фактов. Поэтому возможно, что часть хлора в воде минеральных источников, особенно 1-го „железистого“, — биологического происхождения.

Единственным радикальным средством улучшить источник является предварительное тщательное изучение гидрогеологии источника и устройство хорошего каптажа. В качестве предупредительных мер следует указать на недопустимость устройства каких бы то ни было сооружений, построек, в особенности мусорных ям, выше источников; необходимо очистить весь вышележащий участок от мусора и строго следить за санитарным состоянием курорта.

З а к л ю ч е н и е.

Генезис источника. В качестве одного из наиболее вероятных предположений о происхождении источников можно высказать следующее. Поверхностная вода в горной части района проникает в нижнюю известково-доломитовую толщу с содержанием пирита, магнетита и прослоечками кварцитов, залегающую между сланцами. Затем вода опускается вниз на довольно значительные глубины, минерализуется, достигает зоны брекчий разлома, по которой поднимается вверх. Весьма вероятно, что здесь она пересыщается углекислым газом, поднимающимся совместно с небольшим количеством ювенильной воды по тектонической линии. Происхождение газа можно увязать с замиравшей недавней вулканической деятельностью, результатом которой являются мощные базальтовые излияния, развитые в Еловском отроге и Тункинской котловине и происходившие на рубеже между третичным и послетретичным периодами. Так как к зоне разлома с севера примыкают брекчиевидные водоносные доломитовые известняки и доломиты, то вполне возможно смешивание минеральной воды с водою, приуроченною к доломитовым известнякам и доломитам 1-го водоносного горизонта. По выходе из зоны брекчий разлома минеральная вода пробивает путь в водоносном аллювии рч. Кынгарги, где происходит ее смешивание с аллювиальной и, наконец, выходит на поверхность. Подобную предварительную схему подтверждают:

1) Гидрогеологическое строение источников, изложенное выше. Если принять, что первоначальный уклон пород около 45° сохраняется и на глубине, то пересечение водоносного горизонта нижней известково-доломитовой толщи с трещиной сброса произойдет на глубине ок. 800 м. от поверхности.

2) Температура минеральных источников равная в среднем ок. 9°, даст глубину залегания водоносного горизонта 350 м., считая среднюю годовую на Аршане $= -1^{\circ}\text{C}$. а геотермический градиент $= 33$ мт. Получаемые в 1-м и 2-м случаях цифры глубины залегания являются лишь ориентировочными.

3) Химический состав воды — большое содержание Ca^{++} и Mg^{++} довольно значительное SO_4^{--} , подтверждает предположение о вероятной длительной циркуляции воды в доломитовых известняках и доломитах с некоторым содержанием пирита, а может быть и гипсоносных, что совпадает с характером геологического разреза.

4) Смешивание минеральной воды с водой аллювиального горизонта подтверждается не только нашими работами, но и данными предшественников^{10,26 и др.}

Условия каптажа.

Неблагоприятные факторы:

1) Состав аллювия из крупных валунов и большой приток грунтовой воды.

2) Наличие под аллювиальным (Ш-м) водоносным горизонтом мощного водоносного горизонта (1-го) в брекчиевидных известково-доломитовых породах.

3) Возможность встретить карст.

Благоприятные факторы:

1) Отсутствие вечной мерзлоты почвы.

2) Значительная легкость буровых работ в известково-доломитовых породах, подстилающих аллювий.

Настоящий полный каптаж этих углекислых источников может быть сделан только после детальных разведок.

Всякое длительное и сильное нарушение существующих сложных отношений между минеральной водой и водой 1-го водоносного горизонта и аллювиальной может отразиться неблагоприятно на ценных качествах воды и ее количестве. В особенности важно предотвратить возможный прорыв воды из мощного 1-го горизонта, поэтому при разведочных работах необходимо следить за малейшими изменениями физико-химического облика воды.

Программа исследований и разведочных работ Аршана может быть намечена в общих чертах таким образом: в виду предполагаемой тесной связи источника с тектоническими нарушениями, необходимо в первую очередь сделать детальную геологическую съемку района, топографическая основа для которой должна быть изготовлена в горизонталях. Только после составления детальной геологической карты могут быть начаты разведочные работы, производство которых в надпойменной террасе р. Кынгарги надо признать не легкими, т. к. терраса эта сложена крупными валунами. Усложняющим эти разведки обстоятельством является

обилие воды в аллювиальных валунных отложениях и наличие сильных восходящих струй, как показывает шурф А (рис. 6). Окончательный каптаж источника можно предполагать в виде одной или нескольких буровых скважин, опущенных до встречи с трещинами разлома, выводящими из глубин минеральную воду, причем примесь пресных вод должна быть сведена к минимуму. Намеченная в общих чертах уже теперь тектоническая линия разлома, которой можно объяснить генезис минеральных источников позволяет предположить, что необходимые разведочные работы будут непродолжительны, и некоторые из разведочных буровых скважин останутся в качестве каптажных-эксплуатационных. Большая ценность минеральных источников дает право считать, что постановка таких исследовательских и разведочных работ необходима в ближайшее время.

Курорт Аршан быстро развивается. В 1897 г. на Аршане кроме полуразрушенного балагана, в котором помещалось человек 12 больных, повидимому ничего другого не имелось. Теперь же, 30 лет спустя, количество посетителей дошло до 500 чел., а жилая площадь превышает 2000 м². На курорте имеется: полное медицинское обслуживание, аптека, амбулатория, ванный корпус, солярий, электрическое освещение, детский санаторий для туберкулезных больных, функционирующий круглый год, не говоря уже о том, что имеется школа, общежитие, общественная столовая, кооператив, почта, телефон и т. д. Все эти культурные удобства—главным образом достижения последних лет средствами Народного Комиссариата Здравоохранения Бурято-Монгольской Республики. Наряду с ярким ростом курорта бьет в глаза первобытно-примитивное убогое оборудование и отсутствие каптажа минеральных источников, которые, по отзыву врачей, являются одними из лучших, а по количеству кальция даже первыми в СССР.

Л И Т Е Р А Т У Р А.

1. 1927 Ардибышев, С. проф. Радиоактивность лечебных вод и грязей сибирских курортов. 1927 г. Иркутск (Рукопись в Архиве Геологического Комитета).
2. 1914 Багашев, И. А. Некоторые цифровые данные из наблюдения радиоактивности в Забайкальской области Труд Физико-Терапевтического Общества в Москве. Годы Ш, IV, V. 1909—1912. Москва, 1914 г.
3. 1856 Бакшевич, М. Описание р. Иркутка от Тунки до впадения в Ангару. Зап. Сиб. Отд. Р. Геогр. Общ. Кн. I, Спб. 1856.
4. 1916 Беляев, Т. К. врач. Курорт Аршан и Ниловские горячие воды. Иркутск. 1916 г.
- 5- 1898 Де-Генинг-Михелис Е. В Северной Монголии. Изв. В. С. О. Р. Г. О. Т. XXIX, 1898 г. № 3.
6. 1917 Герасимов, А. П. Минеральные воды. Ест. произв. силы Росси. Т. IV, вып. 40, 1918, стр. 93-94.
7. 1926 Жинкин, В. Н. Курорты и минеральные источники Бурятии. Б.-М. А. С. С. Р. г. Верхнеудинск.
8. 1925 Жинкин, В. Н. д-р. Курорт Аршан и его лечебное значение. Г. Верхнеудинск, 1925.
9. 1867 Крапоткин, П. Поездка на Окинский Караул. Записки Сиб. Отд. Р. Г. О. Т. IX и X, Иркутск, 1867.
10. 1921 КурлоМ. Г. проф. и Собакевич Л. И. д-р. Опыт. классификации сибирских целебных минеральных вод, 1921 г.
11. 1909 Львов А. и Кропачев Г. Краткий отчет о результатах исследования Аршана. Изв. В.-Сиб. Отд. Р. Г. О. Т. X, 1909 г.
12. 1924 Львов, А.- В. Из геологического прошлого средней части долины р. Иркутка в пределах от Тункинской котловины до Зыркузунского хребта. Изв. В. Сиб. Отд. Р. Г. О., Т. XLVI, вып. 3. Иркутск, 1924 г.
13. 1924 Львов, А. В. К вопросу о характере и дислокации пород Ангарской серии. Изв. В.-Сиб. Отд. Р. Г. О. Т. XLVI, вып. 3.
14. 1855 Меглицкий, О. О лавах Тункинского края. Горный Журн., ч. II, кн. IV, стр. 50. 1855 г.
15. 1927 г. Он же, Минеральные источники Иркутской г. Вестн. Геолог. Ком. № 2, стр. 81. 1927.
16. 1926 Михайлов, М. П. проф. Аршан, как горно-климатическая станция. 1926.
17. 1923 Михайлов, М. П. проф. Современные курорты и целебные местности Иркутской г. и их лечебное знач. Иркутский медиц. журн. 1-2. 1923 г.
18. Михайлов, М. П., проф. и Огородникова, З. А. Показания и противопоказания в лечении на курорте Аршан.
19. 1856 Мордвинов. О древних развалинах, найденных около крепости Тункин в 1809 г. Зап.-Сиб. Отд. Р. Г. О. кн. I. 1856 г.
20. 1921 Никитенко, В. Минеральные источники Тункинского края. Отд. оттиск „Изв. В.-Сиб. Отд. Р. Г. О“. Иркутск, 1921 Т. XLVI, вып. I.
21. 1927 Обручев, В. А. Геологический обзор Сибири. Гос. Изд. Москва, 1927.
22. 1894 Риттер. Карл., Землеведение Азии. В. Сибирь. Озеро Байкал и прибайк. страны, Забайкалье и степь Гоби. 1894. Спб.
23. 1920 Толстихин, Н. И. Предварительный отчет о геологической части экспедиции по каптажу ист. Аршан в 1920 г. (рукопись).
24. 1874 Чекановский, А. Л. Геологические исследования в Иркутской губ. Зап. Сиб. Отд. Р. Г. О. „Т. XI, Иркутск, 1874 г.
25. 1875 Черский, И. Д. Еловский отрог, как связь между Тункинскими Альпами и Саяном. Изв. В.Сиб. Отд. Р. Г. О. Т. VI, № 4, 1875.
26. 1876 Черский, И. Д. Что такое „древние развалины, найденные около крепости Тункин в 1809 г.?" Изв. Сиб. Отд. Р. Г. О. Т. VII, № 4-5, стр. 155, 1876.
27. 1928 Шавров, М. П. проф. Ист. Аршан Тункинский. Верхнеудинск, 1928 г.

The mineral spring Arshan Tunkinsky.

By M. Vasilievsky and N. Tolstichin.

Summary.

The Arshan hydrothermal with two carbonic springs is placed 117 km. to the West from the B'aykal lake (Kultuck railway-station), in the defile of the Kingargi river, that had cut through the south slope of the Tunkinsky Alps. The mineral springs are located on the left bank of the Kingargi river, 12 km. one from another and 15--20 mt. from the left original bank, that is, at this place, formed by breccia-like limestones. These limestones are sharply falling off in the south direction and are substituted with graphitic limestone and after with pyroxenic limestone. This change of rocks proceeds, as it seems, along the fault, that is repulsed in the relief, because, at this place, the Tunkinsky Alps are falling very steeply and sharply and border the Tunkinsky valley of the Irkut river. It can be thought, that the outlets of the springs have a very similar composition, as it is shown in the list of analysis (see page..) The temperature of the first spring is $8,^{\circ}5$ — $8,^{\circ}8$ and of the second: $9,^{\circ}2$ — $9,^{\circ}4$ and stays identic all the year through, in spite of strong winter frosts and the middle temperature of a year being $-1,^{\circ}3$. The debit of the springs is not large: when the trial pumping of 0,14--0,20 mt. per 1 sec. was made, $1/2$ — $3/4$ of an hour later the water in both wells began to go down visibly. The captage is absent, if we shall not tell of a bottomless barrel being slightly lowered down into the sand. The disposition of the spring is seen in the fig. 6 and 13, where with black dots and circles disengagement of gas is shown; carbonic acid makes 98,5% of this gas. The appearance of gas is, as it seems, connected with a fault split, that had proceeded after precipitation of travertines.
