

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ КОМИТЕТ.

COMITE GEOLOGIQUE.

МАТЕРИАЛЫ
ПО ОБЩЕЙ И ПРИКЛАДНОЙ ГЕОЛОГИИ.
Выпуск 26.

MATÉRIAUX
POUR LA GÉOLOGIE GÉNÉRALE ET APPLIQUÉE.
Livraison 26.

И. И. Горский.

О соляных источниках губерний Вологодской,
Костромской, Ярославской, Нижегородской
и Владимирской.

J. Gorsky.

Sur les sources salées des gouvernements de Vologda,
Kostroma, Yaroslavl, Nijni-Novgorod et Vladimir.

ИЗДАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО КОМИТЕТА

ЛЕНИНГРАД.

1926.

138675

Напечатано по распоряжению Геологического Комитета.
(Постановление Присутствия Геологического Комитета 12 ноября 1920 г.)

О соляных источниках губерний Вологодской, Костромской, Ярославской, Нижегородской и Владимирской.

И. И. Горский.

(Sur les sources salées des gouvernements de Vologda, Kostroma, Yaroslavl, Nijni-Novgorod et Vladimir. Par J. Gorsky).

Летом 1917 года, в связи с усилившимся за последние годы интересом к отечественным запасам минеральных удобрений, по инициативе академика Н. С. Курнакова, на средства Департамента Земледелия и при участии Геологического Комитета, были произведены исследования некоторых соляных источников Европейской России, с целью выяснения наличия и количества содержания в их составе солей калия.

Эти исследования велись одновременно несколькими лицами в различных местах, при чем мне было поручено исследование соляных источников в губерниях Вологодской, Костромской, Ярославской, Нижегородской и Владимирской.

Работы были начаты с северных губерний с тем расчетом, чтобы к наступлению осенней распутицы осмотр источников, расположенных на территории этих губерний, был закончен, и оставалось бы объехать южные губернии с меньшим числом мест, подлежащих осмотру, и более удобными путями сообщения.

Самые работы носили предварительный, поисковый характер и имели целью собрать по возможности все данные, относящиеся к соляным источникам, уже известным раньше и указанным в научной литературе, касающейся намеченного района работ. Собранный материал должен был служить основанием, на котором можно бы было базироваться в выводах о возможности нахождения в исследуемом районе солей калия в количестве более или менее значительном и о необходимости постановки более детальных исследований в случае благоприятного результата поисков.

Понятно, конечно, что при таком узко специальном задании главное внимание было обращено на химическую сторону дела, именно на состав солей и, особенно, на количество солей калия.

При посещении каждого источника брались пробы рассола, и производилось качественное определение калия помощью двойной азотистокислой соли

кобальта и натрия в слабом уксуснокислом растворе. В случае присутствия солей калия появляется желтый осадок двойной азотисто-кислой соли кобальта и калия — $[Co(NO_2)]_3 \cdot 3KNO_2$. Реакция эта весьма чувствительна и позволяет открывать сотые доли процента. Что же касается полевых наблюдений геологического характера, то таковые представляют весьма небольшое значение, если принять во внимание разбросанность отдельных источников на громадной площади пяти губерний. И по характеру работ эти наблюдения могли быть только в виде отрывочных сведений о прилегающих к источнику районах небольшого радиуса, при чем так как в большинстве случаев соленосные породы залегают глубоко под дневной поверхностью и достигнуты только буровыми скважинами, то и наблюдения могли относиться только к более юным образованиям, представляющим в данном случае второстепенный интерес.

Список литературы, нельзя сказать, чтобы особенно богатой, по соляным источникам обследованного района приведен в конце статьи.

При составлении настоящего отчета, кроме данных литературных и личного наблюдения, я пользовался указаниями акад. Н. С. Курнакова и геологов П. И. Степанова и В. К. Лихарева и считаю своим приятным долгом высказать этим лицам свою благодарность, особенно П. И. Степанову, любезно взявшему на себя труд проредактировать мою рукопись.

Описание источников.

Подробное описание всех осмотренных источников в данном очерке является в значительной мере излишним после выхода в свет 35-го выпуска IV тома Естеств. Произв. Силы России [25¹⁾], в котором В. Лихаревым составлен очерк соляных источников Северной России. Поэтому наша работа, написанная в 1918 г., подверглась значительному сокращению в описательной части, в которой оставлены теперь лишь сведения, или до сих пор не опубликованные, или же мало известные, но представляющие интерес.

Вологодская губерния. В Вологодской губ., кроме давно известных и неоднократно описанных Тотемских [2, 6, 7, 11, 25, 33, 36, 37, 38, 39, 41, 44] и Леденгских [2, 6, 7, 9, 15, 25, 32, 33, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 44] промыслов, рассолы которых приурочены к пермской известково-гипсовой толще, залегающей под красноцветными породами, была посещена Куножская волость, расположенная в южной части Вологодской губ., около границы ее с Костромской. Здесь, около двух соседних деревень — Юркиной и Теляковой, лежащих верстах в 50 к юго-востоку от Леденгска на берегах р. Куножи, впадающей в Унжу, найдены две старые рассолоподъемные трубы. Вода, вытекающая из труб, не соленая, с заметным запахом сероводорода. По рассказам старожилов, бурение этих скважин не было доведено до конца, чем, может быть, и объясняется пресность воды.

¹⁾ Цифры в прямых скобках соответствуют порядковому № в списке литературы.
тр. 14.

Для Тотемского рассола не лишне привести данные одного из более новых анализов [36]:

на 1000 гр.	
<i>NaCl</i>	40,803
<i>NaBr</i>	0,021
<i>NaI</i>	0,003
<i>Na₂SO₄</i>	1,785
<i>CaSO₄</i>	3,369
<i>MgSO₄</i>	3,740
<i>Al₂O₃+Fe₂O₃</i>	следы
Удельный вес при 22°—1,0383.	

Для Леденгских рассолов при суммарном дебите 3-х скважин 45 вед. в минуту фонтанирующего рассола [9] анализ проф. К а б л о в а [11] показал:

на литр.	
<i>NaCl</i>	38,070
<i>KCl</i>	0,417
<i>MgCl₂</i>	3,715
<i>NH₄Cl</i>	0,008
<i>FeCl₃</i>	0,001
<i>Na₂SO₄</i>	5,766
<i>CaSO₄</i>	4,720
<i>SiO₂</i>	0,015
Удельный вес при 17°—1,039.	

Костромская губ. В Костромской губ. были взяты пробы Солигаллических [1, 16, 21, 25, 26, 27, 29, 31, 34, 43, 45, 46, 47] и Большесольских [17, 24, 25, 31, 47] рассолов, приуроченных к нижним горизонтам пермской пестроцветной толщи и подстилающей ее известняково-доломитовой, обнажающейся в окрестностях г. Солигаллича. В дополнение к опубликованным сведениям о Больших Солях, можно указать, что летом 1917 г. на средства земства была пробита скважина, глубиною 47 саж., прошедшая несколько горизонтов с соленой водой. Приводим анализ воды по сообщению завед. Гидротехн. Отд. Костр. Губ. Зем. инж. К а ш л а ч е в а.

В литре воды содержится:

Сухой остаток, высушенный при 110°	20,8610 гр.
» » после прокалывания	19,8320 »
<i>SO₃</i>	2,8923 гр.
<i>Cl</i>	9,2305 »
<i>CO₂</i>	0,0660 »
<i>Na₂O+K₂O</i>	8,2958 »
Уд. вес при 15°—	1,0159.
<i>CaO</i>	1,3724 »
<i>MgO</i>	0,8199 »
<i>FeO</i>	0,0133 »
<i>NH₃</i>	0,0063 »

Разрез скважины:

Глуб. залегания в саж.	Породы.	Мощность в саж.
1— 2,50	Паносы	2,50
2,50— 3,05	Песок	0,55
3,05— 3,25	Песок с гравием	0,20
3,25— 9,30	Желтый водоносный песок, с глубины 6,50 саж., соленый	6,05
9,30—11,50	Песок серый, соленый	2,20
11,50—13,30	Глина темножелтая, песчанистая	1,80
13,30—18,10	Песок серый, водный (вода пресная	4,80
18,10—18,50	Крупный песок с галькой	0,40
18,50—32,60	Песок серый водный (плывун), вода пресная	14,10
32,60— 34,5	Темная глина	1,90
34,5— 41,6	Песок серый (плывун)	7,10
41,6— 41,7	?	0,10
41,7— 45,0	Песок водный, соленый	3,30
45,0— 47,0	Песок с гравием. соленый	2,00
	Итого	47,00 с.

Отметка устья скважины около 35,0 саж. над уровнем Волги. Из разреза скважины видно, что здесь мы имеем песчано-глинистую толщу с двумя горизонтами соленых вод и двумя же прослоями водонепроницаемой глины. Первый соленосный горизонт располагается выше первого (сверху) слоя глины, от глубины 6,50 саж. до 11,50 саж. К этому горизонту относится рассол, получаемый из расчищенного колодца, и из него же добывались все рассолы в период существования солеваренного промысла. Второй соленосный горизонт располагается под вторым слоем глины с глубины 41,7 с. до 47 с. п, вероятно, глубже. Между же слоями глины располагается водоносный горизонт, не содержащий соли. Когда, по окончании бурения, труба была срезана, то рассол пошел самотеком, давая до 2,5 ведра в минуту.

Ярославская губ. Соляные источники Ярославской губ. приурочены к нижним горизонтам пестроцветной толщи. Кроме соляных ключей, указанных у А. Крылова [19] и С. Никитина [30], присутствие солей было обнаружено в воде колодцев следующих сел Ростовского уезда: Сулость (0,20%), Угодичи (0,21%), Борисовка (0,26%), Лев (0,10%) [4].

Все соляные источники Ярославской губ. отличаются низкой концентрацией рассола, и в наиболее крепких из них—около с. Троица-Варницы (Ростовский уезд)—содержание солей в граммах на литр не превышает по прежним анализам [3] — 16,55 (1903 г.) и 15,60 (1909 г.) и не является при этом постоянным.

В перечне местностей Ростовского уезда, имеющих соляные источники, были указаны села Лев, Борисовка, Сулость и Угодичи. В колодцах этих сел вода представляет слабый рассол с максимумом концентрации 0,26% (колодец с. Борисовки). Все эти села расположены недалеко от озера Неро (некоторые у самого берега), невысоко над его уровнем. Почвы района этих сел принадлежат к совершенно особому типу. Это темноцветные, пловатоболотистые почвы, пропитанные солями, преимущественно хлорпепыми и отчасти сернокислыми, и получившие у местных жителей название «усол», «солонец». Водные вытяжки таких почв в некоторых местах содержат до 1% солей, и все вышеуказанные соляные колодцы расположены в районе распространения этих «усолов». Подобного рода усольные почвы локализируются в местах пониженного рельефа со слабым дренажем и избыточным увлажнением. В периоды засухи дают на поверхности цветцы солей в виде беловатого налета. В силу своей солености обладают консервирующими свойствами [4].

Владимирская губерния. В г. Иваново-Вознесенске в 1914 г. на фабрике Покровской мануфактуры П. И. Грязнова была пробита буровая скважина с целью получения пресной воды, но совершенно неожиданно (для производителей работ) получили воду соленую. Несмотря на совершенно противоположный результат работ, скважина не была заброшена, и соленую воду употребляли для других целей. Ее, в виду некоторой жесткости, смягчают содой и затем разлагают электрическим током, получая таким образом хлорную воду, идущую для различных химических операций. Одно время предполагалось даже расширить производство хлорной воды, но трудность получения платиновых электродов, портящихся сравнительно быстро благодаря осаждению кальция, помешала осуществить эти намерения.

Глубина скважины 2303 фута 1 дюйм, т.-е. 329 саж. 1 дюйм с начальным диаметром 13 дюймов. Буровые работы продолжались 3 года 4 месяца.

Вода в скважине достигает почти до дневной поверхности, если не производить откачки. При откачке до 5.000 ведер в час, уровень воды в скважине понижается на 42 фута, и плотность рассола доходит до 8° — $9,5^{\circ}$ по Ваушэ с содержанием солей 88,389 гр. на литр. В настоящее время (1917 г.) откачка меньше и плотность рассола 7° . В виде опыта откачку усиливали до 10.000 ведер в час, и тогда уровень воды понижался на 140 футов. При прекращении откачки вода быстро преслеет, и количество растворенных солей падает до 2,660 гр. на литр. Очевидно, скважина плохо отделена от выше лежащих горизонтов пресной воды.

Анализ рассола был произведен в Иваново-Вознесенске заведывающим лабораторией П.-В. Отд. Русск. Техн. Общ. И. И. Ивановым [14, 28]. Из результатов его анализов проб, взятых в различные периоды откачки, возьмем цифры, полученные при анализе пробы рассола, взятой после 114-часовой откачки, когда содержание солей в рассоле достигло максимума при данной интенсивности откачки (5.000 вед. в час) и установилось:

В литре рассола содержится граммов:

Плотного остатка	88,389	<i>NaCl</i>	67,411
Потеря при прокаливании. H_2O	10,900	SO_3	2,139
$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$	0,1466	SiO_2	0,401
<i>CaO</i>	4,087	<i>Cl</i> связанного	45,44
<i>MgO</i>	1,822	CO_2 свободной и по-	
		лусвязанной	0,028

К сожалению, я не могу привести здесь, без сомнения, интересный разрез этой скважины, так как до сих пор не получил его, несмотря на неоднократные обращения к производившей буровые работы московской фирме Вангель. Интересен же он потому, что эта скважина имеет наибольшую глубину из всех скважин этого района и почти на 330 саж. раскрывает строение этого участка земной коры, тем более, что естественные обнажения около Иваново-Вознесенска показывают только валунные глины и ниже-валунные пески.

Нижегородская губ. В Нижегородской губ. был посещен г. Балахна. Здесь рассолы, приуроченные к известково-доломитовой верхне-пермской толще и ниже лежащей доломитовой ниже-пермской, добывались старинну скважинами, глубиною 45—60 саж.

В дополнение к известным данным о балахнинских рассолах [8, 12, 18, 25, 28, 29, 33, 40, 42, 48] можно указать, что скважина, проведенная П. Любимовым в 80-х годах прошлого столетия до глубины 107 саж. и впоследствии заброшенная, в 1917 г. была отыскана и приведена в порядок. При измерении мною глубины, лст прошел только до глубины 25 саж. (по показаниям одного из местных жителей, работавшего по приведению скважины в порядок, на этой глубине установлена предохранительная пробка), и с этой же глубины была взята проба. При испытании рассола на калий—реакция сразу же обнаружила его присутствие.

Скважина [48], пройдя первые 4 саж. по поверхностным образованиям, вступила на 5-ой саж. в толщу пермских отложений, идущую до глубины 60 саж. и состоящую преимущественно из разнообразных глин, часто известковистых, мергелей, гипсов и ангидритов; во всех пройденных породах, начиная с 24-ой саж., встречались пласты и пропластки доломитовых известняков часто с остатками пермской фауны. Дальше, от 61 саж. идут до 77 саж. доломитовые известняки с прослоями гипса, и, наконец, от 77 саж. до самого дна скважины идут доломитовые известняки и доломиты, содержащие каменноугольную фауну.

Общий обзор химического состава рассолов.

В описании соляных источников по районам почти во всех случаях были приведены анализы вод этих источников, взятые из литературы, преимущественно местной, так что уже можно было составить представление о химическом составе рассолов; но в то же время все эти анализы в общей совокупности сопоставить и сравнить очень трудно, так как испытания производились разными лицами, в разное время и, что самое главное, с различных точек зрения (преимущественно с бальнеологической), и это различие точек зрения сказалось в неравномерном внимании, которое уделялось тем или иным элементам или солям. Главный же недостаток этих анализов для наших специальных целей это то, что на присутствие *K*, всегда в очень незначительном, как увидим ниже, количестве, внимания почти не обращалось, и в большинстве приведенных анализов соли *K* совсем не входят в число компонентов, а определялись вместе с солями *Na*. Пробы, собранные при посещении источников, были переданы академику Н. С. Курнакову, который совместно со своими сотрудниками произвел анализы, результатами которых мы здесь пользуемся с его любезного разрешения. Все анализы произведены по одному типу и для сопоставления весьма удобны, как это можно видеть на прилагаемой ниже таблице.

Сравнивая прежние анализы с анализами акад. Н. С. Курнакова, видим, что концентрации рассолов в некоторых случаях различаются между собою по содержанию сухого остатка:

Местонахождение.	Прежние анализы на 100 куб. см.	Анализ акад. Н. С. Курнакова.	
		На 100 грамм.	На 100 куб. см.
Тотьма	4,9752 гр.	5,96 гр.	6,21 гр.
Леденгск	5,2037 »	5,43 »	5,66 »
Солигалич	1,7200 »	1,52 »	1,61 »
Иваново-Вознесенск	7,8389 »	5,59 »	5,73 »
с. Троица (Рост. уезд)	1,5500 »	1,24 »	1,25 »

В этой таблице цифры первого столбца рассчитаны на 100 куб. см., второго на 100 грамм, в третьем же столбце—анализы Н. С. Курнакова, но перечисленные на 100 куб. см. для удобства сравнения. В большинстве случаев, однако, наиболее значительные расхождения объясняются различными обстоятельствами внешнего характера, и в общем расхождение в цифрах не велико.

Данные анализа проб рассолов, произведенного в лаборатории Петроградского Горного Института акад. Н. С. Курнаковым.

Местонахождение.	Найдено в 100 весовых частях:								После перечисления на соли в 100 вес. частях содержится:						
	Удельный вес.	Сухой остаток.	SO ₄	Cl	Ca	Mg	Na	K	CaSO ₄	MgSO ₄	CaCl ₂	MgCl ₂	NaCl	KCl	Отношение NaCl — KCl
Тотьма	1,0432	5,96	0,70	2,99	0,10	0,11	1,94	0,004	0,34	0,58	—	—	4,93	0,008	616
Леденгск	1,0118	5,43	0,66	2,75	0,11	0,10	1,78	0,005	0,37	0,49	—	—	4,52	0,010	452
Солигалич	1,0115	1,59	0,27	0,74	0,10	0,05	0,40	0,002	0,35	0,03	—	0,16	1,02	0,004	255
Иваново - Возне- сенск	1,0427	5,59	0,23	3,21	0,16	0,10	1,81	0,013	0,33	—	0,17	0,40	4,59	0,030	153
Балахна	1,0380	5,36	0,39	2,97	0,19	0,13	1,64	0,016	0,55	—	0,08	0,51	4,17	0,030	139
с. Троица (Рост. уезд)	1,0065	1,24	0,20	0,60	0,09	0,04	0,291	0,0079	0,28	—	0,03	0,16	0,747	0,015	49

О СОЛЯНЫХ ИСТОЧНИКАХ.

1. В случае Тотемского рассола более значительное содержание солей в данных анализа Н. С. Курякова объясняется тем, что анализировался рассол, взятый из скважины еще тогда, когда скважина эксплуатировалась, и откачка производилась интенсивно; проба же с более низкой концентрацией была взята, когда завод уже прекратил свою деятельность, и проба понадобилась для освещения вопроса о пригодности Тотемских рассолов для устройства курорта; так как завод тогда не работал уже, откачки никакой не было, или же она была не настолько интенсивна, как во время существования завода, то и рассол поэтому был несколько разбавлен грунтовыми водами.

2. Условия, при которых взяты пробы на Леденгском заводе, были одинаковы, и цифры анализов разнятся приблизительно на 0,45% в сторону увеличения соледержания.

3. Для Солигаличской скважины разница незначительна — всего около 0,1%.

4. Для Иваново-Вознесенской скважины разница около 2,2%: более высокое содержание солей в прежнем анализе объясняется тем, что проба тогда была взята при откачке 5.000 ведер в час, последняя же проба была взята при откачке менее интенсивной; выше же указывалось, насколько быстро и сильно меняется концентрация рассола в этой скважине при изменении интенсивности откачки.

5. Для Балахны не имеется данных для сравнения.

6. Понижение процентного содержания соли в Троицко-Варницком колодце хотя и небольшое — 0,3%, но важно то, что это понижение прогрессирует (по сравнению с данными 1903 и 1909 гг.), хотя в этом случае, случае неглубокого колодца, всякое изменение режима грунтовых вод должно сказаться весьма быстро и заметно, и каких-либо определенных заключений о постоянном уменьшении концентрации делать нельзя.

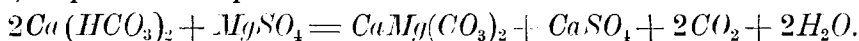
Обращаясь к химическому составу рассолов, видим, что наибольшее значение принадлежит $NaCl$, на долю же остальных солей приходится 15,1% — 39,3%. Процентное отношение $NaCl$ к сумме всех растворенных солей:

Тотьма	81,1%	Иваново-Вознесенск	83,1%
Леденгск	83,8%	Балахна	78,1%
Солигалич	65,4%	Троица	60,7%

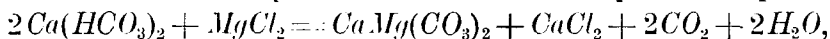
Можно отметить зависимость между концентрацией рассола и чистотой его (по отношению к $NaCl$) — чем выше концентрация рассола вообще, тем более относительное содержание $NaCl$, и если все источники расположить в ряды по степени концентрации и по относительному количеству $NaCl$, то эти ряды почти совпадут в один ряд: Тотьма, Иваново-Вознесенск, Леденгск, Балахна, Солигалич, Троица, разница будет только в Леденгске и Иваново-Вознесенске: в ряде по убывающей концентрации Иваново-Вознесенск стоит на втором месте, а Леденгск — на третьем; в ряде же по относительному количеству $NaCl$ — наоборот.

Обеднение $NaCl$ сопровождается в то же время увеличением в растворе количества $CaSO_4$, и если расположить те же источники в ряд с постепенно

при которых рассол I-го класса обрабатывался раствором двууглекальцевой соли при кипячении, при чем магний осаждался в виде гидрата агнесин и основной углемгневовой соли, и в результате из всех сернокислых солей остался один гипс, т. е. рассол первого класса метаморфизовался в рассол второго класса. В природе выделение магния в процессе метаморфизации происходит, вероятно, в виде двойной углекислой соли кальция и магния—доломита, и реакция изображается так:



После исчезновения сернокислого магния может происходить реакция:



определяющая появление хлористого кальция, характерное для рассолов второго класса.

Из вышеприведенной реакции видно, что метаморфизация морской соляной массы связана с образованием доломита или с явлениями доломитизации известняков и мергелей.

Для характеристики процессов метаморфизации может служить отношение:

$$K = \frac{MgSO_4}{MgCl_2},$$

которое было названо акад. П. С. Курнаковым коэффициентом метаморфизации соляных рассолов. Это отношение является величиною постоянной, свойственной озеру в данную эпоху его существования. Влияние материка в питании озера сказывается в уменьшении величины K , которая для типичных соляных озер материкового образования приближается к нулю. Поваренная соль, осаждающаяся из рассолов второго класса, не содержащих других сернокислых солей, кроме гипса, отличается своей чистотой.

Таковы особенности современных соляных бассейнов, изложенные в трудах акад. Н. С. Курнакова.

В различные геологические периоды жизни земли, подобно тому, как и в настоящее время, существовали водные бассейны, содержащие в растворе соли, и эти бассейны по отношению к происхождению их соляной массы можно разделить на два вышеуказанных класса. Признавая относительное постоянство состава соляной массы океанов, можно и к таким соляным бассейнам прошлых геологических периодов приложить вышеуказанную классификацию, при чем надо принять во внимание, что в современных соляных бассейнах мы можем точно определить все растворенные в них соли полностью, тогда как о характере соляной массы древних бассейнов мы можем судить лишь на основании тех геологических образований, которые встречаются в отложениях этого бассейна, при чем эти образования не представляют собою полностью соляную массу бассейна, а лишь более или менее значительную ее часть.

Обращаясь к исследуемым рассолам и рассматривая их с точки зрения принадлежности к тому или другому классу, видим, что рассолы северной группы—Тотьмы, Леденгска и Солигалича ¹⁾ — принадлежат к первому классу, при чем

¹⁾ К сожалению, проба рассола, взятая из скважины в Б. Солях, разбилась при перевозке, и поэтому анализ ее не мог быть приведен; но по данным прежнего анализа можно видеть, что этот рассол принадлежит тоже к I-му классу, подобно Солигаличскому.

Солигаллический рассол отличается от двух первых присутствием в нем хлористого магния и поэтому имеет конечную величину коэффициента метаморфизации $K = \frac{MgSO_4}{MgCl_2} = \frac{0,03}{0,16} = 0,19$, тогда как для первых двух, в виду полного отсутствия хлористого магния, коэффициент метаморфизации является величиною бесконечно большою, т.-е. рассол совершенно не подвергся процессу метаморфизации. Таким образом, Тотемский и Леденгский рассолы можно считать рассолами морского происхождения не метаморфизованными, Солигаллический же — тоже морского происхождения, но уже метаморфизованный, с малым содержанием $MgSO_4$, с малым коэффициентом метаморфизации и по составу солей приближающийся к типичным рассолам материкового происхождения, у которых величина коэффициента равна нулю. Возможно, что и доломитизация солигаллических известняков стоит в связи с процессом метаморфизации рассолов.

Обращаясь к остальным источникам, составляющим южную группу, видим, что все они по характеру рассолов относятся к совершенно другому типу: из сернокислых солей имеют в своем составе только сернокислый кальций, в то время как и хлористый кальций и хлористый магний присутствуют оба. Иными словами, все эти рассолы являются типичными рассолами второго класса. Таковы рассолы Иваново-Вознесенск, Балахны и с. Троицы.

В то время, как для рассолов первого класса единственно возможный способ происхождения — соли, растворенные в морской воде, для рассолов второго класса возможно двойное решение: или они материкового происхождения, от выщелачивания материковых пород, или же морского, но метаморфизованные. При этом, принимая во внимание полное отсутствие сернокислого магния, вследствие чего коэффициент метаморфизации равен нулю, нужно заключить, что процесс метаморфизации, если он и происходил, то до конца, до полного исчезновения сернокислого магния.

В данном случае к решению вопроса о происхождении рассолов можно приблизиться, обратив внимание на характер осадков, заключающих в себе галогенные образования. Отложения пермского моря, представленные преимущественно известняковыми осадками в более глубоких его частях, в прибрежной зоне имеют характер отложений полузамкнутых бассейнов, т.е. с пересоленной водой, то, наоборот, с солоноватой, вплоть до отложений пресноводного типа, в зависимости от испарения и притока морской и пресной воды. Отложения гипса, каменной соли и других солей приурочиваются к таким бухтам и заливам пермского моря, и рассолы, получающиеся от выщелачивания этих отложений, по своему происхождению относятся к рассолам первого класса, но по своему химическому составу они, как в данном случае источники южной группы, являются типичными рассолами второго класса. Это различие в классе рассола можно объяснить процессом метаморфизации, особенно, если обратить внимание на химические явления, сопутствующие этому процессу, в частности на явление доломитизации известняков и мергелей. Тогда, с этой точки зрения, становится понятной принадлежность Балахнинского, Усольского, Иваново-Вознесенского и Троицкого рассолов к рассолам морского происхождения, несмотря на их химический состав, характерный для материковых рассолов. Именно здесь, после образования известняковых отложений пермо-

карбонатного и пермского моря, в следующую стадию омертвления бассейна, когда море разбилось на обособленные лагуны и полузамкнутые заливы, в которые реки несли продукты разрушения материковых пространств, сложенных, преимущественно, из известковых образований, проходил процесс метаморфизации рассолов первого класса в рассолы второго класса. Процесс метаморфизации шел, благодаря притоку углекислых соединений кальция материковых отложений, и оставил после себя след в виде доломитизированных известняков, как непосредственно включенных в соленосной толще, так и подстилающих ее.

В разрезе Балахинской скважины доломитизированы не только прослой известняка, но и ниже лежащие пермокарбонатные и карбонатные известняки.

Интересно с этим сопоставить также характер строения доломитового известняка из Балахинской скважины, описанный А. Штукенбергом. По его словам, масса доломитового известняка проникнута гипсом и состоит из скопления микроскопических ромбоэдров и сфероподальных и дискоидальных телц, напоминающих искусственно получаемые тельца при выпаривании раствора углекислой извести в воде, содержащей углекислоту. Таким образом, здесь ясно виден процесс перекристаллизации известняка, и проникновение его гипсом понятно, если вспомнить, что при реакции образования доломита вместе с ним осаждается и сернокислый кальций. Аналогичная с Балахиной картина наблюдается также в Усольском (и, вероятно, в Иваново-Вознесенском) районе. Здесь соленосный горизонт налегает непосредственно на пермокарбонатные доломитово-кремнистые породы.

Совершенно открытым остается вопрос о Троицком рассоле, так как в этом случае неизвестны породы, подстилающие соленосный горизонт, точно так же, как и точное положение самого соленосного горизонта.

Если обратить внимание на относительное содержание $NaCl$ и KCl в рассолах, то оказывается (см. таблицу анализов), что в величинах отношения количеств $NaCl$ и KCl наблюдается некоторая закономерность, как и в принадлежности рассолов к тому или другому классу. Для современных бассейнов с соляной массой морского характера отношение $NaCl : KCl$ не превышает 37—41, в бассейнах же с соляной массой материкового происхождения это отношение достигает 900 и большей величины, вследствие большой поглощаемости калийных солей материковыми глинистыми отложениями [23].

Беря отношение $NaCl : KCl$ для вышеописанных рассолов, получаем что для Тотемского и Леденгского это отношение наибольшее—616 и 452, для Иваново-Вознесенского, Балахинского и Троицкого это же отношение значительно меньше—153, 139, 49, и промежуточное положение занимает Солигаличский—255. Получается, что относительное содержание KCl в данном случае наименьшее для типичных рассолов первого класса и значительно больше в рассолах метаморфизованных. Это различие, однако, не стоит в зависимости от процесса метаморфизации рассолов, а объясняется условиями отложения галогенных образований и, именно, большей или меньшей замкнутостью бассейна, в котором происходило отложение солей. В случае вполне замкнутого морского бассейна, при его испарении должны отложиться все соли, бывшие в растворенном состоянии в морской воде; в случае же полузамкнутого бассейна, имеющего сообщение с открытым морем, осаждается главным образом

хлористый натрий и сернокислый кальций и некоторые другие соли, состав и количество которых зависят от физико-химических условий, при которых протекает процесс осаднения. Соли калия, в виду их сравнительно небольшого участия в составе морской соляной массы и хорошей растворимости, осаждаются одними из последних и при не вполне замкнутом бассейне частью могут остаться в растворе. И даже при полном осаднении они, благодаря своей чрезвычайно легкой растворимости (карналлит), могут не сохраниться, если они не будут защищены каким-либо водонепроницаемым покровом или же не попадут в условия сухого климата пустыни без дождей и без оттока осадков из пределов соленосного бассейна. Такой трудностью осаднения и сохранения калийных солей можно объяснить малое по сравнению с $NaCl$ содержание хлористого калия в соленосных отложениях пермского моря, значительно меньшее, чем в современной морской воде.

В связи со степенью замкнутости отложившегося соль бассейна находится явление метаморфизации рассолов: чем полнее замкнут бассейн, тем сильнее в его режиме сказывается влияние материка, выражающееся в процессе метаморфизации рассола, и, наоборот, при условии сообщения с открытым морем метаморфизованные рассолы могут быть частью или полностью заменены не метаморфизованной морской соляной массой.

На примере описанных рассолов видно, что степень метаморфизации, величина отношения $NaCl$ и предполагаемый характер замкнутости бассейна стоят в прямой зависимости. Крайним членом в последовательном ряде рассолов с увеличивающимся относительным содержанием калия стоит Троицкий рассол, в котором относительное содержание KCl почти равно таковому в воде современных океанов, и минимальное содержание (относительное) калия наблюдается в Тотемском и Леденгском рассолах, являющихся типичными рассолами первого класса, не подвергшимися процессу метаморфизации. Таковы в общих чертах особенности рассолов исследованных источников, имеющие некоторый интерес для палеогеографии русской перми.

Отвечая на вопрос задания — возможно ли в исследованном районе найти рассолы с содержанием солей калия в количестве, достаточном для промышленной добычи, и нужны ли более детальные исследования для решения этого вопроса, приходится ответить отрицательно, принимая во внимание слишком малое содержание калийных солей во всех рассолах обследованного района и слишком малую по нашему предположению вероятность открыть неизвестные донные источники или залежи соли с содержанием калия, более значительным, чем в рассолах, уже известных теперь.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Апушкин. — Минеральные источники в пределах Костромской губ. Солигаличский курорт. Кострома, 1915 г.
2. Барбот-де-Марни, Н. — Геогностическое путешествие в сев. губ. Европ. России. СПб. 1868 г.
3. Бернштейн, В. — О фосфоритах и минерализованных родниках Ярославской губ. 1915 г.
4. Бернштейн, В. — Почвенно-геологическое описание Ростовского уезда. Изд. Стат. Отдел. Яросл. Губ. Зем. 1912.
5. Blasius. — Reise im Europäischen Russland. Th. I. 1844.
6. Бунаков, Н. — Сельско-хозяйственный очерк Вологодской губернии. Вологда, 1858 г.
7. Виноградов, А. — Посад Соли-Тотемской. Изв. Вологодск. О-ва Изучения Северного Края. 1916 г. Вып. III.
8. Georgi. — Bemerkungen einer Reise im Russischen Reiche. В. II. 1775.
9. Доклад о принятии в ведение Тотемского земства казен. Леденгского солеваренного завода. 1906 г.
10. Журнал Московского О-ва Сельск. Хоз. 1885, № 5, стр. 133 и др.
11. Журнал очередного и чрезвычайного Тотемского Уездн. Земск. Собр. Вологда. 1916 г.
12. Зайцев, В. — Материалы к оценке земель Нижегород. губ., т. XIII, гл. VII.
13. Змятченский, П. — Балахнинский уезд. Мат. к оценке земель Нижегород. губ. вып. X.
14. Иванов, Пр. — Анализы артезианской воды из буровой скважины в Иваново-Вознесенске. Зап. Ив.-Возн. Отд. Русс. Техн. О-ва, 1914 г., т. XVII, стр. 24.
15. Иванов, П. — Описание труб на казенном Леденгском солеваренном заводе, устроенных для добычи рассола. Горн. Журн., 1826 г., вып. I. стр. 39; вып. II, стр. 93; вып. VII, стр. 145; вып. VIII, стр. 135.
16. Плиньский, П. — О минеральных водах Костромской губ. вообще и Солигаличских в отдельности. Тр. I-го Всеросс. съезда деятелей по климатол., гидрол. и бальнеологии, т. I. 1899 г.
17. Кошелев, В. — Из истории посада Больших Солей Костр. губ. 1916 г. Ярославль.
18. Кротов, П. — Успехи изучения пермокарбонных и пермских отложений России (1896—97 гг.). Ежегодник по Геологии и Минералогии России т. IV, 1900 г.
19. Крылов, А. — Геологический очерк Владимирской губ. 1881 г. Мат. для геологии России, т. X.
20. Крылов, А. — Описание Ярославской губ. в геологическом отношении. Тр. Яросл. Губ. Стат. Ком-та, 1871 г., вып. 7.
21. Купин, В. — Питьевая вода г. Костромы. Тр. Костр. Научн. О-ва. Вып. XI Естественно-исторический сборник, 1919 г.
22. Курпачков, Н. — Об обнаружении калневого минерала хлористого калия или сильвина в России. Изв. Ак. Наук, 1916 г.

23. Курнаков, П. и Жемчужный, С.—Магниеые озера Перекопской группы. Изв. Ак. Наук, 1917 г.
24. Лаговский, Е.—Описание Больших Солей. 1860 г., Москва.
25. Лихарев, В.—Северные губернии Европейской России. Каменная соль и соляные озера. Ест. производ. силы России. Том IV, вып. 35, стр. 41. 1924 г.
26. Марин, П.—Соляные источники в Солигаличе. Отчет о деятельности Костромск. Клуба Любителей Естествозн. за 1900—1901 г. Приложение III.
27. Милашевич, К.—Геологич. исслед. произведенные летом 1878 г. в юго-западн. части Костр. губ. Мат. для геологии России, т. X, 1881 г.
28. Murchison, Verneuil and Keyserling.—The Geology of Russia in Europe and the Ural Mountains. Vol. I, 1845. London.
29. Нечаев, А.—Верхнепермские отложения. Геология России, т. II, ч. V, вып. 3. Изд. Геолог. Ком.
30. Никитин, С.—Общая геол. карта Европ. России. Лист 56. Тр. Геол. Ком., т. I, № 2.
31. Никитин, С.—Общая геол. карта Европ. России. Лист 71. Тр. Геол. Ком., т. II, № 1.
32. Н-кий, Н.—Село Леденгское Тотемского уезда Вологодск. губ. 1916 г., Вологда.
33. Описание русских соляных промыслов. Г. Ж., 1862 г., ч. I.
34. Орлов, Н.—Состав и образование Старорусской минеральной грязи. Тр. 2-го Всеросс. съезда деятелей по климат., гидр. и бальнеологии. Т. II, 1906 г. Доклады по отделу гидрологии.
35. Павлинов, А.—Обсадка Богородицкой трубы в Леденгском заводе, Г. Ж., 1849, т. I, стр. 396.
36. Памятка о достопримечательностях г. Тотьмы и его окрестностей. Тотьма, 1916 г.
37. Петров.—Отчет о командировке в Вологду. Изв. Горн. Отд., 1918 г., № 1, июль.
38. Попов, В.—Город Тотьма. Историч. очерк. 1887 г.
39. Пушкарев, И.—Описание Вологодской губ. 1846 г.
40. Сибирцев, П.—Общая геол. карта Европ. России. Лист 72. Тр. Геол. Ком., т. XV, № 2.
41. Скальковский, К.—Современное положение соляных промыслов в сев. губ. и будущность их по отношению к горной промышленности. Г. Ж. 1865 г., т. II, стр. 75 и 245.
42. Скальковский, К.—Гибель солеварения в Архангельской и Нижегородской губ. Г. Ж., 1866 г., т. IV, стр. 591.
43. Солигаличские минеральные источники. Изд. Солигаличск. Уезд. Зем. 1915 г.
44. Стемпневский.—Описание Вологодских и Архангельских промыслов в экономич. и технич. отношении. Г. Ж., 1884, т. II, стр. 214.
45. Степанов, А.—Солигаличские железисто-соленые минеральные воды. Тр. 2-го Всеросс. съезда деятелей по климат., гидрологии и бальнеологии. Т. II, 1906 г. Доклады по отделу бальнеологии.
46. Чернышев, Ф. П.—Пермский известняк Костр. губ. Г. Ж., 1885, т. I, стр. 80.
47. Штукенберг, Н.—Статистические труды. Т. I. Описание Костромской губернии. 1858 г.
48. Штукенберг, А.—Буровая скважина в Балахне. Приложения к протоколам заседаний О-ва Естествоиспыт. при Казанском Ун-те. 1881—82 г., стр. 1.

Sur les sources salées des gouvernements de Vologda, Kostroma, Yaroslavl, Nijni-Novgorod et Vladimir. Par J. Gorsky.

R é s u m é.

En 1917, l'auteur a visité les sources salées des gouvernements de Vologda, Kostroma, Nijni-Novgorod, Vladimir et Yaroslavl, qui sont localisées ici dans le Permien, dans le but de déterminer leur teneur en K . Comme l'ont montré les analyses exécutées par N. K o u r n a k o v, membre de l'Académie des Sciences, et ses collaborateurs cette teneur est très faible dans toutes les sources. Le maximum de KCl , 0,03%, est donné par celles d'Ivanovo-Vosnessensk et de Balakhna; dans les autres, la proportion de KCl s'exprime en cent-millièmes.

L'auteur applique la classification des eaux salées en deux classes proposée par N. K o u r n a k o v¹⁾.

I classe: $CaSO_4$, $MgSO_4$, Na_2SO_4
..... $MgCl_2$, $NaCl$.

A cette classe appartiennent l'eau de la mer et les eaux salées des lacs et limans d'origine directement marine.

II classe: $CaSO_4$ -- --
 $CaCl_2$, $MgCl_2$, $NaCl$.

à laquelle se rapportent les eaux salées dues à la dissolution des sels dans les roches du continent et n'ayant pas de liaison directe avec la mer.

Les eaux salées de la I classe, en entrant en contact avec les carbonates de chaux des dépôts continentaux, perdent peu à peu leur acide sulfurique et passent aux eaux salées de la II classe. Cette métamorphose est accompagnée de formation de dolomie. Elle est caractérisée par le rapport $K = \frac{MgSO_4}{MgCl_2}$, nommé coefficient de métamorphisme.

Appliquant la classification ci-dessus aux sources étudiées, on voit que les eaux de Totma, Ledengsk, Soligalitch se rapportent à la I classe, tandis que celles d'Ivanovo-Vosnessensk, Balakhna et Troïtzk doivent être rangées dans la II classe et sont probablement le résultat du métamorphisme de solutions salées qui appartenaient originellement à la I classe.

Quant au rapport $NaCl : KCl$, il est plus élevé dans les eaux, de la I classe que dans celles de la II classe, ce qui est en opposition avec la relation observée dans les bassins actuels, où ce rapport ne dépasse pas 37 à 41 dans les bassins dont le sel est d'origine marine et atteint 900 et davantage dans ceux où le sel est d'origine continentale. Cette contradiction peut s'expliquer par le caractère plus ou moins isolé du bassin où se sont déposés les sels, ce qui a une grande importance pour la quantité des sels de potassium qui s'y sont concentrés, vu leur faible proportion dans la masse totale des sels et leur grande solubilité. Le degré de métamorphisme des solutions salées se trouve également en relation directe avec l'isolation plus ou moins complète du bassin. Il s'en suit que les sources du groupe sud, ou plus exactement sud-sud-ouest, dont les eaux appartiennent à la II classe et qui résultent du métamorphisme de solutions salées de la I classe, ont une liaison plus étroite avec le continent permien que les sources du groupe nord (Totma, Ledengsk, Soligalitch).

¹⁾ N. S. Kurnakov et S. F. Žemčuznyj. Les lacs salés magnésiens de Pérékop. Bull. Acad. des Sciences de Russie. 1917, № 2.

