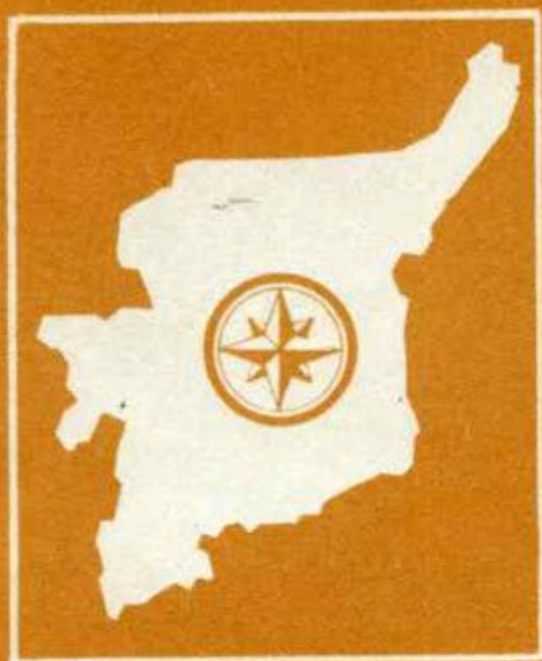




Российская академия наук
Уральское отделение
Коми научный центр

НАУЧНЫЕ ДОКЛАДЫ

ПРЕПРИНТ

Н.П.Юшкин

МИНЕРАЛЬНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ В ПИЩЕВОЙ СОЛИ КАК ФАКТОР ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА

Сыктывкар 1992

Российская академия наук
Уральское отделение
Коми научный центр

Серия препринтов "Научные доклады"

Выпуск 303

Н. П. Ю ш к и н

МИНЕРАЛЬНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ В ПИЩЕВОЙ СОЛИ
КАК ФАКТОР ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА

Доклад на заседании президиума
Коми научного центра УрО
Российской академии наук

19 ноября 1992 г.

Сыктывкар 1992

Н. П. Юшкин. МИНЕРАЛЬНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ В ПИЩЕВОЙ СОЛИ КАК ФАКТОР ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА. Серия препринтов "Научные доклады" /Коми научный центр УрО Российской академии наук, 1992. - Вып. 303. - 36 с.

Вместе с пищевой солью человек поглощает в течение жизни около 10 кг различных нерастворимых минералов, которые могут оказывать негативное влияние на здоровье. Потенциальная агрессивность попадающих в организм человека минералов определяется их физическими свойствами, формой, текстурой агрегатов и может быть уменьшена при изменении технологических способов переработки.

N.P. Yushkin. MINERAL INCLUSIONS IN TABLE SALT IN RELATION TO HUMAN HEALTH, Series of pre-prints "Scientific Reports" /Komi research centre, Ural Division, Academy of Sciences of Russia, 1992. - Issue 303. - P.p.36.

The most essential role in mineral-digestive transport is played by table salt. It consists mainly of halite (no less than 97%) and mineral impurities - dolomite, calcite, anhydrite, gypsum, quartz, hematite, chlorite, micas, feldspars, rutile, epidote and many others. To study the effect mineral impurities in table salt have on human health and to develop "salt" prophylaxis against different diseases including oncological ones, may become one of the promising tasks of environmental mineralogy.

Редакционная коллегия

М.П.Рощевский (отв. редактор), Н.И.Тимонин (зам. отв. редактора), Э.Н.Новожилова (отв...секретарь), А.Е.Ванеев, В.А.Головко, Н.А.Громов, В.А.Дедеев, Г.А.Князева, А.В.Кучин, Н.А.Манов, А.Д.Напалков, Э.А.Савельева, А.И.Таскаев, М.В.Фишман, Н.П.Юшкин



Н.П.Юшкин, 1992

Коми научный центр УрО Российской академии наук, 1992

ВВЕДЕНИЕ

В организм человека вместе с пищей проникает значительное количество минерального вещества в кристаллическом состоянии, относящегося более чем к ста минеральным видам [3] и, несомненно, оказывающего определенное влияние на течение физиологических процессов, на состояние здоровья.

Ведущую роль в минерально-пищевом транспорте и обмене играет поваренная соль, т.е. минерал галит [?]. Она необходима для пополнения соляной кислоты в желудочном соке, обладает антисептическими свойствами, но может оказывать и вредное влияние при нарушении солевого баланса. В обычных условиях человек употребляет 7-9 кг поваренной соли в год. За всю жизнь он, следовательно, съедает более полутона этого минерала.

Пищевая соль - не просто хлористый натрий или минерал галит. Это сложная минеральная система, включающая наряду с галитом несколько десятков других растворимых и нерастворимых минералов, содержание которых колеблется от десятых (иногда сотых) долей процента до нескольких процентов. Предельно допустимое содержание нерастворимого минерального остатка в пищевой соли "Экстра" - 0.03%, высшего сорта - 0.16, первого сорта - 0.45, второго сорта - 0.85, в кормовой соли - 5%, в различных типах соли для промышленного применения, которая нередко используется и в приготовлении пищевых продуктов, - 0.8 до 12%. Если учесть также присутствие растворимых примесных минералов,

то самая чистая соль оказывается на 97% галитом, более низшего сорта даже на 92-80%, остальные составляют минералы-примеси.

Состав и содержание химических и минеральных примесей в поваренной соли зависит от ее геологического источника (типа месторождения) и от технологии получения конечного продукта. Не случайно поэтому соль многих месторождений характеризуется специфическими свойствами и имеет определенные области применения, в которых эти свойства находят практическое выражение,

Эти особенности заметили еще в глубокой древности. Плиний Старший в "Естественной истории" указывал, например, что тарентская и фригийская соль, добываемая из соляных озер на Кипре, обладает целебными свойствами при болезнях глаз, а для лечения глазных болезней выючного скота наиболее полезна соль из Трагоссы и Беотии. Соль из Цитиума сглаживает старческие морщины, а смешанная с семенами растений используется для натирания тела роженниц. Соль, привозимая из Каппадокии, характеризуется косметическими качествами - придает блеск коже. В Индии и сейчас поваренная соль, обогащенная фосфатом железа и гидросульфидом натрия, используется для профилактики анемий. В ряде стран в профилактических целях и для улучшения вкуса соли готовят пищевые композиции с добавлением к соли ряда минеральных и органических веществ - хлорида калия, сульфата магния, глютамата натрия, нуклеотидов, ароматических веществ [1].

Особенно резко выражается эффективность применения определенных сортов соли в засолке пищевых продуктов, в частности, рыбы. Лучшей для посола селедки, например, считается испанская соль, получаемая путем садки из морской воды. При засолке овощей и в животноводстве предпочтение отдается соли с высоким содержанием минеральных примесей.

Каждый человек вместе с солью за свою

жизнь поглощает несколько килограммов других минералов, в том числе более двух килограммов нерастворимых и труднорастворимых, которые не рассасываются в процессе пищеварения. Интересно знать, что это за минералы, каковы их типоморфные особенности, могут ли они оказывать какое-то влияние на здоровье человека? В литературе данные о минеральном составе пищевой соли весьма ограничены, эпизодичны, т.к. контроль состава соли ведется химическими методами, и традиционные исследования обычно ограничиваются установлением концентрации тех или иных химических элементов и выяснением их влияния на качество соли [5]. Можно назвать лишь несколько минералогических работ, касающихся в основном включений в природной соли ряда месторождений [2, 4, 6, 7].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Мы исследовали около десятка проб пищевой соли, полученной различными технологическими методами из месторождений разного геологического типа и возраста, которая поставляется на внутренний и международный рынок Россией, Белоруссией, Испанией. Пробы весом в 1 кг растворялись обычным способом. Нерастворимый минеральный осадок и минеральная пена, флотировавшаяся на поверхности раствора (ее количество в ряде проб, особенно содержащих волокнистые минералы или органические продукты, было довольно значительным), изучались с помощью световой и электронной микроскопии, Минералы диагностировались рентгеноструктурными и ИК-спектроскопическими методами. Минеральный состав растворимой части пищевой соли определялся по дубликатам проб. В ряде случаев исследовалась и исходная природная соль из месторождений.

МИНЕРАЛЬНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ

Пищевая соль, как мы и ожидали, оказалась сложной по составу, содержащей кроме галита около сорока минералов. Более половины из них представлены парагенными галиту растворимыми минералами - водными и безводными хлоридами, сульфатами, в меньшей степени карбонатами натрия, калия, магния. Это сильвин, карналлит, хлормagneзит, бишофит, каинит, кизерит, леонгардит, гексагидрит, лангбейнит, эпсомит, пикроморит, глазерит, полигалит, тенардит, мирабилит, астраханит, глауберит, сода и др. Содержание их очень непостоянное, так же как и содержание нерастворимых минералов.

Нерастворимые минералы представлены в основном сульфатами, карбонатами, в меньшей степени оксидами и др. Обычно в каждом типе соли присутствует от 6 до 15 нерастворимых минералов. Наиболее разнообразен их состав в пищевой соли, получаемой из пластовых и солянокупольных месторождений, беднее - в самосадочной и осадочной соли из рассолов морского и озерного происхождения.

Главными, постоянно встречающимися минералами нерастворимых остатков всех солей являются ангидрит, гипс, в меньшей степени кальцит. Часто встречаются кварц, гематит, железо (возможно техногенное), изредка - доломит, слюды, целестин, кридит, кридмилан, опал. В качестве эпизодических, единичных отмечены арагонит, бемит, рутил, эпидот, хлориты, полевые шпаты, пирит и ряд других минералов. Встречаются недиагностированные рентгеноаморфные фазы. Чаще всего это отдельные сахаровидные, фарфоризованные агрегатные зерна белого, серого, бурого, зеленого, синего цвета. Кроме того, в пищевой соли постоянно присутствуют различные органические остатки - древние, синхронные солеотложению, и современные, попадающие в осадочные бассейны в процессе выпаривания соли.

Охарактеризуем кратко особенности наиболее часто встречающихся в пищевой соли нерастворимых минералов (рис.1).

А н г и д р и т в пищевой соли, полученной из каменной соли пластовых месторождений или соляных куполов, представлен обычно пластинчатыми, толстопластинчатыми до изометричных прозрачными кристалликами, очень мелкими, в сотые и десятые доли миллиметра, или их сростками в виде изометричных сахаровидных зерен. На поверхности или в изломе таких зерен хорошо различимы отдельные кристаллы, иногда срастающиеся черепицеобразно. В осадочной соли, полученной методом испарения в водоемах, ангидрит образует агрегатные непрозрачные зерна с неровным изломом.

Г и п с морфологически довольно разнообразен. Он встречается в виде бесцветных воднонепрозрачных пластинчатых, призматических длиннопризматических кристаллов, в виде шестоватых кристаллов со сглаженными ребрами и даже в виде волокон (последние наиболее характерны для каменной соли). Обычны пластинчатые двойниковые кристаллы типа "ласточкин хвост". Практически во всех пробах встречаются бесцветные удлиненные призматические кристаллы с острыми пирамидальными головками (с тонкой штриховкой растворения, параллельной удлинению, отчего грани приобретают шелковистый блеск) и с занозистыми гранями пирамид, покрытыми игольчатыми субиндивидами. Длина кристаллов до 1 мм, толщина 0.1 - 0,2 мм. Часто кристаллики гипса образуют микродрузовые агрегаты. В некоторых пробах присутствуют белые сахаровидные зерна гипса.

К а л ь ц и т обнаруживается практически во всех пробах в виде изометричных непрозрачных, реже полупрозрачных зерен белого, грязно-серого, желтого, медовожелтого, кремового цвета с гладкой поверхностью или в виде фарфоровидных зерен с пористой поверхностью, иногда покрытых белой рыхлой корочкой. - Кальцит, как

ангидрит и гипс, аутигенный, но возможно, что некоторые агрегатные зерна имеют техногенное происхождение: образовались в процессе очистки соли как результат воздействия соды на ангидрит,

Д о л о м и т, явно аутигенный минерал, образует ромбоэдрические полупрозрачные кристаллики.

А р а г о н и т встречается в виде тонких фарфоровидных пластинок, белых или розовых.

К в а р ц может служить аутигенным и аллотигенным, Первый представлен правильными полногранными короткопризматическими кристалликами, иногда скелетными, с реберными наростами; второй - окатанными и полуокатанными зернами от бесцветных, водяно-прозрачных до агрегатных грязно-серых.

Г е м а т и т встречается иногда в виде бурых агрегатных зерен в виде пластинчатых кристаллов. Особенно он характерен для сероговской соли, которая от обилия гематита приобретает красноватый оттенок. Кристаллы правильные, полногранные, иногда с конусами растворения.

Другие нерастворимые минералы солей являются в основном аллотигенными или техногенными, встречаются чаще в виде неправильных обломков, агрегатных зерен. Ряд минералов (крит, криптомелан, голландит, гипс, халцедон и др.) образуют специфические волокнистые индивидуы, явно парагенные галиту. На их характеристике мы остановимся позднее.

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСНЫХ МИНЕРАЛОВ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

О влиянии примесных минералов пищевой соли на здоровье человека можно судить лишь предположительно, так как специальных исследований в этом направлении не проводилось. Можно лишь с

очевидностью утверждать, что присутствие, особенно в значительных количествах, растворимых минералов может иметь негативные последствия, т.к. нарушают солевой баланс организма по калию, кальцию. Вредной примесью является также сульфат натрия - тенардит»

В нерастворимом осадке по сравнению с общим составом пищевой соли резко (на два порядка) повышается концентрация алюминия, кремния, на порядок - кальция, магния, железа, стронция, бария, а также марганца, свинца, вольфрама и ряда других элементов. Но поскольку они входят в состав нерастворимых и труднорастворимых минералов, то вряд ли могут оказать какое-то влияние на течение физиологических процессов.

Возможное негативное воздействие может быть связано с физическими свойствами минеральных частиц (например, с радиоактивностью, т.к. очевидно, что в современные солеродные бассейны и открытые испарительные емкости могла оседать радиоактивная пыль в дни чернобыльской аварии» или с формой и строением минеральных индивидов и агрегатов.

Прогнозируя воздействие на организм человека, мы классифицировали потенциально "опасные" индивиды и агрегаты на ряд условных групп с бытовыми названиями., такими как иглы, ножи, губки и т.п. Это классификация нестрогая, операционная, но она позволяет судить о новых качествах пищевой соли, которые раньше не учитывались и которые можно рассматривать как качества экологического риска.

Рассмотрим некоторые из этих групп.

"Н о ж и" - это тонкопластинчатые кристаллы с очень острыми краями, образованными пересечением естественных граней или механических изломов (рис.2). В нерастворимых остатках пищевой соли ими являются пластинчатые кристаллы гипса, ангидрита, гематита. "Ножи", перемещаясь около стенок пищевых каналов, могут сыграть роль микроскальпеля в произвольных автохирургических операциях, вплоть до операций на клеточном

уровне, которые опасны генетическими последствиями.

Друзовые сростки тонкопластинчатых кристаллов являются своеобразными агрегатами "ножей" или "многолезвийными ножами"; потенциальная опасность во много раз выше, чем единичных кристаллов с острыми краями.

"Иглы" - к ним относим довольно часто встречающиеся игольчатые кристаллы сульфатов (ангидрит, гипс), кристаллы с заостренными растворением пирамидальными и дипирамидальными головками, с игольчатыми субиндивидами растворения, острые удлиненные кристаллы и т.п. (рис.3). Они довольно широко распространены во всех исследованных типах пищевой соли, часто являются основными. Их возможное действие на пищеварительные органы - колющее, и в связи с очень малой локальностью воздействия и глубокой проникающей способностью острых минеральных "игл" опасность провоцированных ими автохирургических микроопераций наиболее высока.

В нерастворимых остатках солей встречаются не только отдельные иглы, но и их агрегаты, в том числе и радиально-лучистые, или близкие к ним сростки - "ежи".

Волокна (рис.4), представляющие собой сверхтонкие, сильно удлиненные монокристаллы с соотношением длины к толщине не менее $10^2:1$, часто $10^3:1$ и даже больше, очень часто присутствуют в соли, особенно в каменной, и в соли, добытой подземным растворением. Иногда они составляют основную часть нерастворимого остатка, но концентрируются главным образом не в осадке, а образуют флотационную пену на поверхности раствора. В виде волокнистых индивидов кристаллизуются кридит [2, 7], криптомелан и голландит [4], часто гипс, рутил, халцедон и, возможно, другие минералы. Волокна имеют цилиндрическую, многограннопризматическую, плоско-ленточную форму. Нередко их поперечное сечение остроромбическое. Наблюдается тонкая продольная штриховка. Независимо от минерального

состава волокна пластичны, легко изгибаются, переплетаются. Очевидно, они являются мало-дислокационными викарсами. Возможное действие на организм их то же, что и "игл", но вследствие малой толщины они могут проникать и через стенки пищеварительных органов в кровеносные сосуды, другие органы.

При высокой концентрации волокнистые индивиды соединяются друг с другом, переплетаются, слеживаются, формируя легкие, рыхлые, сильно пористые агрегаты, напоминающие в о й л о к. Из "войлока" тем не менее торчат во множестве острые концы волокон, которыми может быть поранена поверхность внутренних органов. Вследствие высокой пористости "войлок" может поглощать различные органические и неорганические вещества, удерживать их, В "войлоке" могут протекать различные процессы изменения и размножения этих поглощенных веществ, различные реакции, в том числе с выделением токсических продуктов.

Т р у б к и (рис.5) обнаружены и исследованы в ряде проб пищевой каменной соли, Обычно это спирально свернутые ленточные волокна. Мы наблюдали такие трубки кридитоподобного минерала в соли Сереговского месторождения [1]. Встречаются и тонкостенные цилиндрические монокристаллы. Цилиндры криптомелана - голландиты диаметром около 20 мкм и толщиной стенок 2 мкм найдены недавно в пермской каменной соли Rio Duro Basin (Texas, USA), где они встречаются вместе с волокнистыми индивидами этого же минерала [4]. Минеральные трубки способны, подобно войлоку, пролонгировать действие заполняющих их веществ, так же как и еще одни образования, которые мы назовем "губками".

Г у б к и (рис.6) объединяют различного рода сильно пористые, ячеистые, пустотные минералообразования, монокристаллы с большим "количеством пор и каверн, полых каналов, появившихся в процессе их роста или растворения. Нередко "губки" имеют не первично геологическое, а техногенное происхождение,

О р г а н и ч е с к и е в к л ю ч е н и я (рис.7), являющиеся обычным компонентом нерастворимого остатка пищевой соли, очень разнообразны как по составу, так и по происхождению. В каменной соли, добытой непосредственно из месторождений, они относительно редки и представлены минерализованными остатками каких-нибудь древних организмов, В вываренной соли органических включений практически нет, Зато в осадочной и самосадочной соли мы встречаем бесконечное разнообразие животного и растительного материала, попавшего различными путями в рассольные бассейны и захваченного солью в процессе кристаллизации. Особенно много спор и пыльцы растений, фрагментов насекомых, мелких улиток и т.п. Очевидно, убежденному вегетарианцу следовало бы во имя своих принципов избегать употребления садовой соли (хотя она на первый взгляд самая чистая), а отдавать предпочтение выварочной.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ

Содержание, состав, типоморфные особенности, свойства, потенциальная агрессивность минеральных включений в пищевой соли, как мы уже упоминали, зависит не только от состава первичной соли того или иного месторождения, но в значительной степени от способа добычи и технологии переработки.

Каменная пищевая соль наследует наиболее полно минеральный состав галитовых толщ природных месторождений. Она обычно самая "грязная", примеси весьма разнообразны, она всегда перенасыщена "ножами", "иглами", "волоками".

Садовая и самосадочная соли тоже не свободны от этих режущих, колющих минералов, но волокна, "войлоки" в них довольно редки. Зато эти соли насыщены различной органикой, технической, геологической и космической пылью, в том числе и радиоактивной. По-моему, использо-

вание подобной соли, произведенной в период чернобыльской аварии, и особенно за полугодие после мая 1986 г., вообще было неразумным. С нею мы могли вмонтировать в наш организм не один сверхмощный узколокальный генератор радиоактивного излучения в виде высокоактивных "горячих" частиц из графитового аэрозольного облака, осевших в солеродные бассейны. Генерируя постоянную и очень интенсивную радиацию, такие частицы, как и другие радиоактивные продукты ядерных взрывов, вызывают необратимые изменения, в том числе на клеточном и генетическом уровнях.

Выварочная соль наиболее чиста в отношении к привнесенным и техногенным продуктам, но в ней сохраняются многие примеси первичной соли, особенно легкие и волокнистые минералы, привнесенные с рассолом. Однако, используя закрытые бассейны-отстойники, вводя процесс грануляции, можно добиться резкого сокращения потенциально опасных включений, затупить острия "ножей" и "игл", свернуть волокна в "клубки" и т.п. Это можно проиллюстрировать сравнением двух технологических типов соли Сереговского солеваренного завода - обычный выварочной и гранулированной (рис.9).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ состава нерастворимого минерального остатка пищевой соли свидетельствует, что обычный пищевой продукт не так уж прост и в ряде случаев может иметь побочное негативное действие. Во всяком случае, его необходимо рассматривать как один из активных минералогических факторов экологии человека, влияющих на здоровье. Мы ограничились только минералогическими исследованиями и не проводили специальных медицинских наблюдений. Наши рассуждения о негативном действии различных включений на организм человека имеют лишь прогнозный ха-

рактар. Однако та информация, которую мы здесь изложили, является, по нашему мнению, достаточным основанием для постановки широких исследований, охватывающих весь путь комплексной системы "пищевая соль" от кристаллизации галита в природе до его полного усвоения в процессе пищеварения.

* * *

Исследования проведены при частичной финансовой поддержке Института каталонских исследований (Барселона) и по гранту 134 госпрограммы "Глобальные изменения". Автор благодарен профессору Д.-К.Мелгарехо и В.Н.Филиппову за помощь в проведении исследований.

MINERAL INCLUSION IN TABLE SALT IN RELATION TO HUMAN HEALTH

Together with food, the human organism consumes a variety of mineral substances in crystal state which can be classified among more than one hundred mineral species [3]. Undoubtedly these substances exert influence on the course of physiological processes and the state of health.

The most essential role in mineral-digestive transport and metabolism is played by table salt, i.e. halite. It is necessary for the replenishment of hydrochloric acid in gastric juice, it has antiseptic features but also can exert harmful influence by salt balance disturbance. Usually, a man consumes 7-9 kg of table salt annually. Hence, during a normal life he consumes more than a half ton of this mineral.

True table salt is not simply sodium chlorid or mineral halite. It is a complex mineral system, including together with halite tens of other soluble and insoluble minerals, with content from tenth parts of percent (sometimes, hundredth parts) to several percents. The most pure table salt is comprised of only 97% halite, the salt of lower grade - 92-80%, the rest are the impurity minerals.

Since a man during his life eats together with salt several kilograms of other minerals, including more than 2 kilograms of insoluble and hardly soluble ones, which do not dissolve during the process of digestion, it is interesting to know, what are these minerals, what are their typomorphic peculiarities, can they influence health? Literature data about mineral composition of table salt are very limited and episodic. Salt composition control is usually carried out by chemical methods, and traditional investigations come to the ascertainment of concentration of either chemical elements or

their influence on salt quality (for example, [5]). There are only several mineralogical works dealing mainly with inclusions in natural salt of a number of deposits [2,4,5,6,7].

We studied nearly ten samples of table salt, obtained by different technological methods from deposits of different geological types and ages. These salts are provided on internal and international markets by Russia, Belorussia and Spain.

As expected, table salt is found very complex in composition, including, in addition to halite, more than 40 minerals. More than a half of them are paragenetic to halite, soluble minerals - hydro- and unhydrated chlorides, sulfates, and lesser amounts of carbonates of sodium, potassium, magnesium. There are sylvinite, carnallite, chloromagnesite, bischofite, kainite, keizerite, leonhardite, hexahydrate, langbeinite, epsomite, pikromerite, glaserite, polyhalite, thenardite, mirabilite, astrakhanite, glauberite, soda and others. Their content is very variable, similar to the content of insoluble minerals.

The insoluble minerals are mainly sulfates, carbonates, and minor amounts of oxides and others (tabl.1; fig.1). Usually in every type of salt, there are from 6 to 15 insoluble minerals. Their composition is most variable in table salt obtained from stratum and salt dome deposits, less variable - in self-precipitated and precipitated salts from the brines of sea and lake origins.

It is possible to only speculate on the influence of admixture minerals in table salt on human health, because there were no special investigations in this directions. One can only contend that the presence, especially in significant amounts, of soluble minerals may result in negative consequences, because they disturb the salt metabolism of potassium and calcium by organisms. Thenardite, sodium sulfate is also

Table 1

MINERAL INCLUSIONS IN TABLE SALT FROM DIFFERENT DEPOSITS

Deposit geological type, age	Seregov (Russia, Komi), salt dome J	Iletscoe (Russia, Orenburg district) bedded salt, P	Usolje Sibirskoe (Russia, Irkutsk district) bedded salt, C	Starobinskoe (Belorussia), bedded salt, D	Remolinos (Spain) bedded salt, Ng	Torre Vieja bedded salt, Ng	Spain Pola (Spain) sea salt modern	Restaurant salt (Barcelona, Spain)
Technology of table salt extraction (technological type)	Underground dissolving, evaporation of brine (evaporated salt)	Mining, cleaning, grinding (rock salt)	Underground dissolving, grinding (evaporation of brine (evaporated salt)	Mining, cleaning, grinding (rock salt of "Extra Polesya" type)	Mining, cleaning, grinding (rock salt)	Underground dissolving, concentration in open reservoirs (sedimental salt)	concentration in open reservoirs (sedimental salt)	The highest quality
Unsoluble residue content	0.129	0.247	0.044		0.057	0.0132	0.002	0.002
Unsoluble residue minerals								
anhydrite	++	+++	+	++	+++	++	+++	++
celestine					+			
gypsum	++	+	++	+	++	+++	++	+++
calcite	++	++	+	+	+	++	++	++
aragonite						+		
dolomite	++	++	++					
quartz	+++		+	+		+		
hematite	+++	+	+					++
rutile	+				+			++
micas	+				+			++
chlorites	+							++
feldspars	+							++
perite								++
iron	+			+	+	+		
Fibrous objects	+++ 1	+	+	+	++			
Organic remnants	+	2				+	3	3

Footnote 1 creedite; 2 ancient fauna; X-ray amorphous porcelain-like grain of various colours are present; 3 modern fauna and flora

a harmful admixture. In comparison with the total content of table salt, the concentration of aluminium and silicon in the insoluble residue sharply rises on two orders, the concentration of calcium, magnesium, iron, strontium, barium, manganese, lead, tungsten and a number of other elements rises on one order. But, as far as they occur in the insoluble and slightly soluble minerals, they have little influence on the course of physiological processes.

The possible negative influence may be connected with the physical properties of mineral particles (for example, with radioactivity, because it is obvious that the radioactive dust can precipitate in modern salt-bearing basins and open evaporating reservoirs during the days of Chernobyl accident) or with the form and structure of mineral individuals and aggregates.

We classified the potentially "dangerous" individuals and aggregates from a position of prediction of their influence on human organism on a number of conditional groups with domestic names, such as needles, knives, sponges, etc. This classification (tabl.2) is operative, not strict, but it permits us to judge new features of table salt, which were not taken into account before and which may be considered as ecological risks.

Let us show some of these groups.

"Knives" (fig.2) are the thin-plate crystals with very sharp borders, formed by intersection of natural faces of mechanical fractures. They are present in insoluble residues of table salt on plate crystals of gypsum, anhydrite, hematite. Moving near the walls of food channels, "knives" can play the role of microscalpels in involuntary autosurgical operations, up to the cellular level, which are dangerous by genetic consequences.

Druse accretions of thin crystals are the peculiar "knife aggregates" or "multi-blade

Table 2

AGRESSIVE MINERAL OBJECTS IN TABLE SALT

Deposit, technological type of salt	Seregovo evaporated		Strabinskoe, rock "Extra"	Remolinoc rock	Torrevieha, sedimental	Santa pola, sedimental	Restaurant from Barselona, "Extra"
	grinded	granulated					
"Knives"	++	+	+	+++	++	++	++
"Multi-bladed knives"	++	+	+	+++	+		
"Needles"	+++			++	++	++	++
"Hedgehogs"	++	+		+++	+++	+	+
Fibres	+++	+	+	+++	+	++	++
"Felt"	++	++		+			
Tubes	+						
"Sponges"	+++		+++	+	+	++	++
Organic inclusions:							
ancient	+						
modern				++	+++	+++	+

knives". Their potential danger is many times higher than that of single crystals with sharp borders.

"Needles" (fig.3) are often crystals of sulfates (gypsum, anhydrite), the crystals with sharpened by dissolving, pyramidal and dipyramidal heads, with needle subindividuals of dissolving, the sharp elongated crystals, etc. They are very widespread among all studied types of table salt and they are the principal in many of them. Their possible action on digestive organs is thrusting. Due to a very small area of action and deep penetrating ability of sharp mineral "needles", the danger of auto-surgical microoperations by them is the highest.

In the insoluble residues of salts there are not only single needles, but also their aggregates, including radiated or close to

radiated accretions - "hedgehogs".

F i b r e s (fig.4) are very common in salt, especially in rock salt and salt obtained by underground dissolving. They are present as super-thin strongly elongated monocrystals with length to thickness ratio not less than $n \cdot 10^2:1$, but $n \cdot 10^3:1$ and more. Sometimes they comprise the main part of the unsoluble residue, but they mainly concentrate not in sediment but in foam floating on the surface of solution. Creedite [2, 7], cryptomelane and holiandite [4], often gypsum, rutile, chalcedony and, possibly, other minerals are crystallized in the form of fibrous individuals. Fibres have cylindrical, multiface prismatic or flat-tape forms. Sometimes they have sharp-rhombic cross-section. Fine longitudinal hatching is observed. The fibres are plastic, they easily curve and interlace independently of mineral composition. Their possible action on organism is the same as "needles", but to the small thickness they can penetrate through the walls of digestive organs into the blood-vessels and other organs.

At high concentrations of fibrous minerals they join together, interlace and compress, forming light, friable, very porous aggregates, like felt. Nevertheless, a lot of sharp ends of fibres jut out of "felt". They can injure the surface of internal organs. Due to high porosity, "felt" can absorb different organic and inorganic substances and hold them. Different processes of alteration and decomposition of these absorbed substances, various reactions, including the extraction of toxic products can proceed in the "felt".

T u b e s (fig.5) were found and investigated in a number of samples of table rock salt. Usually they are spiral-rolled, tape fibres. We observed such tubes of creedite-like mineral in the salt of Seregovo deposit [2]. Thin-wall cylindrical monocrystals are also

found. Cylinders of cryptomelane - hollandite nearly 20 m in diameter with 2 m wall thickness were found recently in Permian rock salt at Palo Duro Basin, Texas, USA, where they occur with fibres of the same mineral [7]. Like felt mineral tubes are able, to prolong the action of substances, filling them, with more objects, which we call "sponges".

Sponges (fig.6) unite various very porous, cellular, hollow mineral objects and monocrystals with large amounts of pores, cavities, hollow channels, appearing during the processes of their growth or dissolution. Sometimes "sponges" have technogenic rather than geologic origin.

Organic inclusions (fig.7) are common components of unsoluble residue of table salt and are very variable both in composition and origin. They are comparatively rare in rock salt obtained directly from the deposit, and represent mineralized remains of some ancient organisms. Organic inclusions are practically absent in brine pit salt. But in solar pond salt and seasalt there are a number of various animal and plant materials, which appeared by different ways in brine basins and were captured by salt during the process of crystallization. There are particularly many plant spores and pollen, insect fragments, little snails, etc. Convinced vegetarians should avoid the use of sedimentary salt for strict adherence to principles, although it appears clean on first sight, and should use brine pit salt.

As we mentioned above, the composition, content, typomorphic peculiarities, features and potential aggressiveness of mineral inclusions in table salt depend not only on composition of the initial salt of natural deposit, but to a great degree on the method of extraction and treatment.

Rock table salt inherits the mineral

composition of natural halite deposits most completely. It is the most "dirty", the inclusions are most variable, and it is always supersaturated with "knives", "needles" and "fibres".

Solar pond and sea salts are also not free from these cutting, thrusting and stinging minerals, but fibres and "felts" are rare. On the other hand, these salts are saturated with various organic matter, technical, geological and space dust, including radioactive ones. It is crever that utilization of such salt produced during the pereod of Chernobyl accident (after May 1986) was absolutely unreasonable. With it, we could absorb several super-capacity, very local generators of radiation in the form of highly active "hot" particles from graphite aerosol cloud, precipitated on salt-bearing basins. Due to the generation of permanent and very intensive radiation, such particles, as other radioactive products of nuclear explosions, produce irreversible changes including cellular and genetic ones.

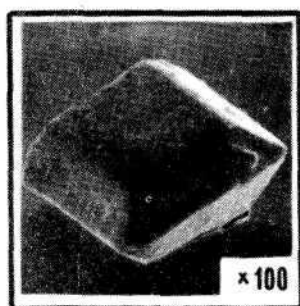
Brine pit salt is the most clean with respect to introduced and technogenic products, but many admixtures of initial salt are preserved in it, especially light and fibrous minerals brought by brine. But it is possible to limit significantly the amount of potentially dangerous inclusions (to blunt the knife and needle edges, to roll up the fibress into the ball, etc) by using covered precipitation tanks and by the introduction of the granulation process. The result can be seen by comparison of two technological types of salts (fig.8) of the Seregovo brine pit (usual evaporated and granulated ones).

The analysis of the composition of unsoluble mineral residue of table salt testifies that this common food product is not so simple, and sometimes can have negative side effects.

In any case, it is necessary to regard it as an active environmental mineralogical factor, which effects on health. We limited ourselves only to mineralogical investigations and didn't carry out special medical observations. Our arguments about the negative influence of different inclusions on human health are only predictive. But the information, reported here, is sufficient grounds for the organization of broad investigations, covering the whole complex "table salt" system from the crystallization of primary halite in nature to its total assimilation during digestion.

* * *

This work was supported in part by the Institut D'Estudis Catalans and grant from the Russian Global Change Research Program (project 134). We appreciate Dr. J.-C. Melgarejo and V.N. Filippov for their assistance in our investigations.



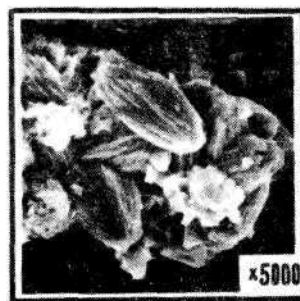
Anhydrite, Torrevieja



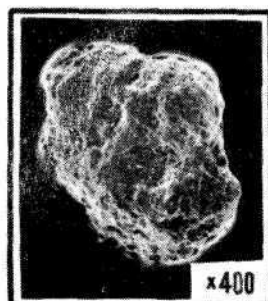
Anhydrite, Remolinos



Gypsum, Remolinos



Gypsum, Remolinos



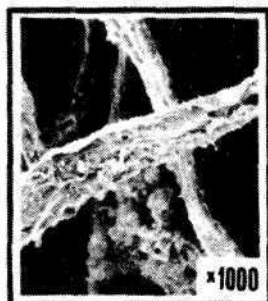
Calcite, Barcelona



Hematite, Seregovo



Quartz, Seregovo



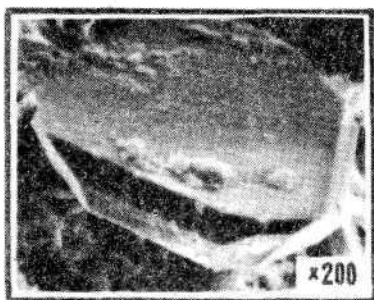
Creedite, Seregovo



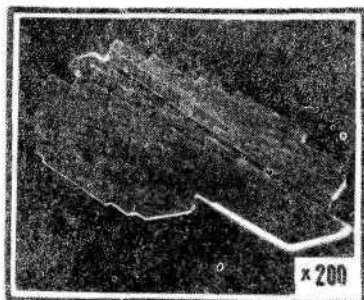
Creedite, Seregovo

Рис.1. Типичные минеральные включения в пищевой соли

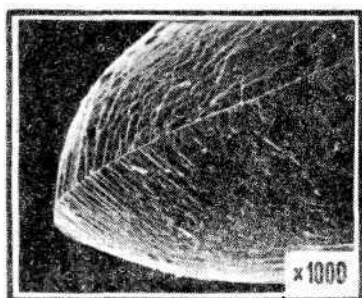
Fig.1. Typical inclusions of minerals in table salt



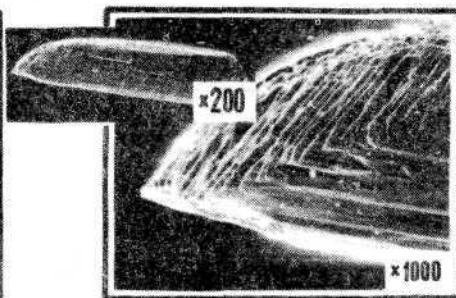
Hematite, Seregovo



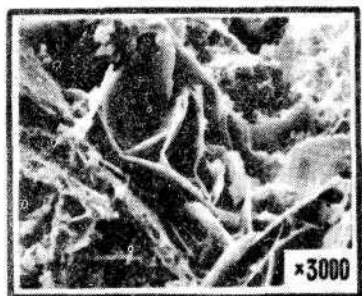
Anhydrite, Remolinos



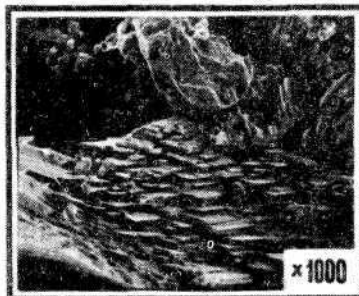
Gypsum, Remolinos



Gypsum, Barcelona

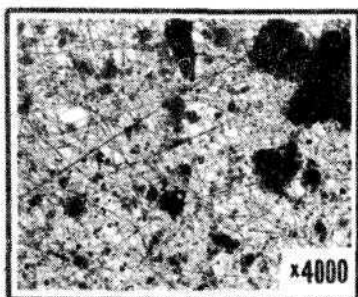


Gypsum, Seregovo

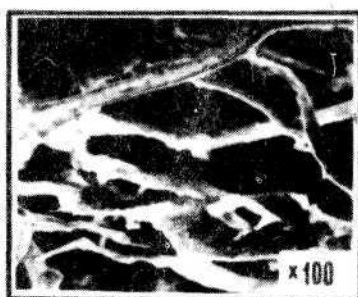


Anhydrite, Remolinos

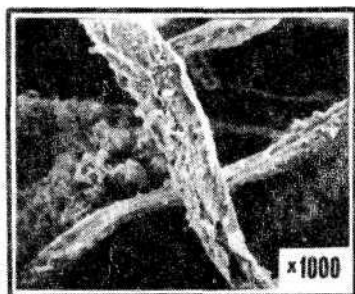
Рис. 2. Ножеподобные индивиды и агрегаты минералов (скальпели)
Fig. 2. "Knives" (scalpels)



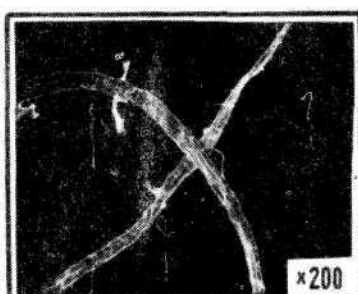
Creedite, Seregovo



Creedite, Seregovo



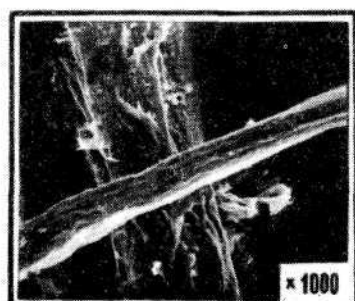
Creedite, Seregovo



Gypsum, Santa Pola

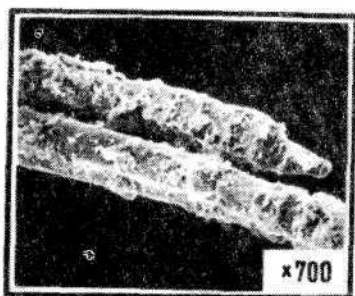


Gypsum, Barcelona



Gypsum, Barcelona

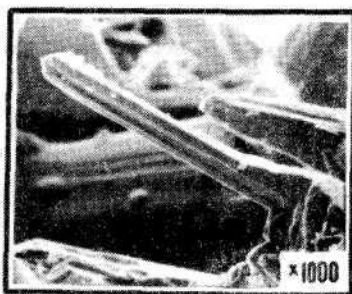
Рис. 4. Волокна
Fig. 4. Fibres



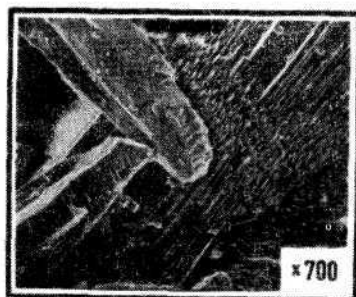
Creedite, Seregovo



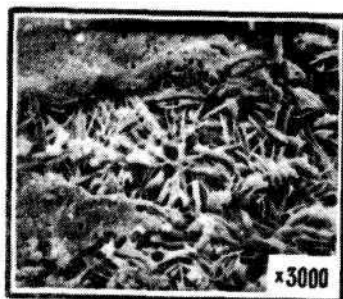
Gypsum, Remolinos



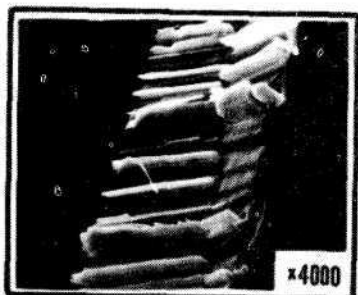
Anhydrite, Remolinos



Gypsum, Remolinos



Gypsum, Seregovo



Gypsum (selenite), Seregovo

Рис.3. "Иглы"
Fig.3. "Needles"

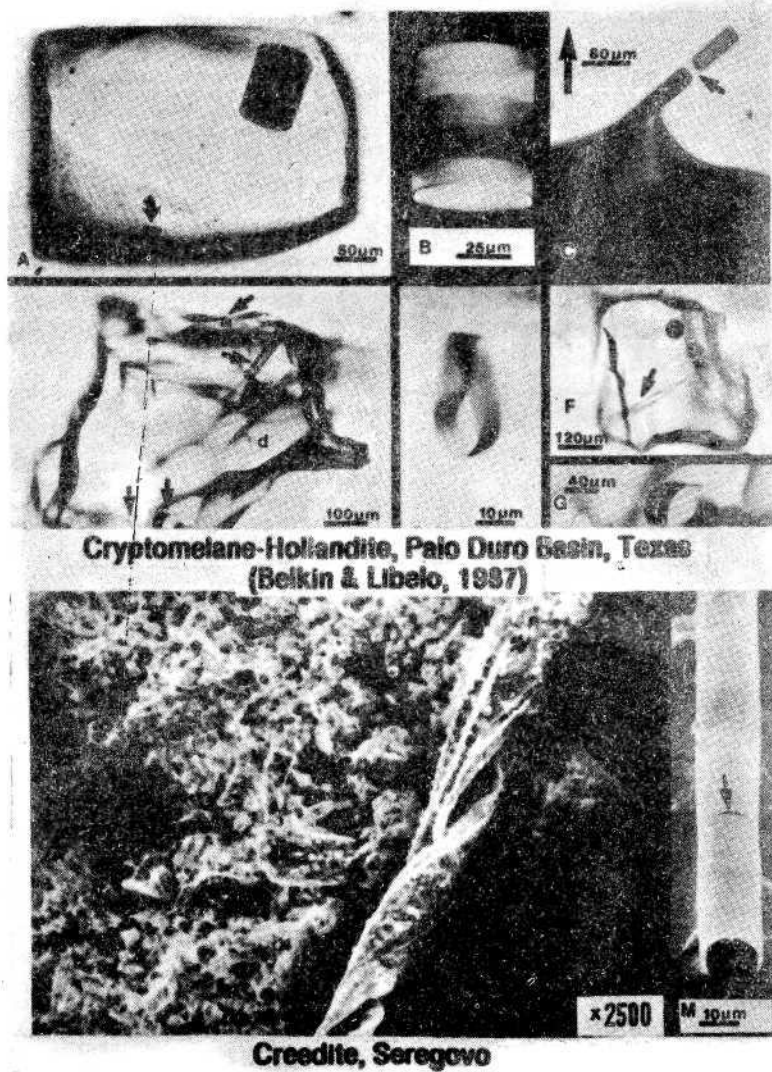
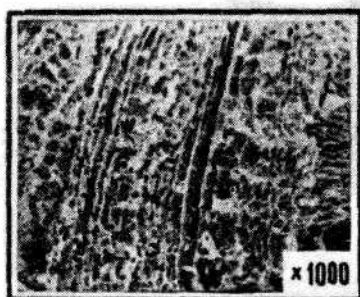
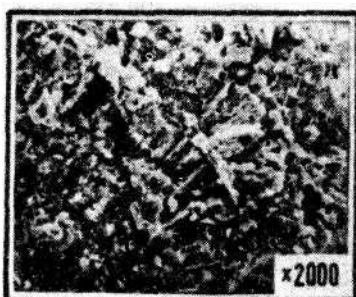


Рис.5. Трубки
Fig.5. Tubes



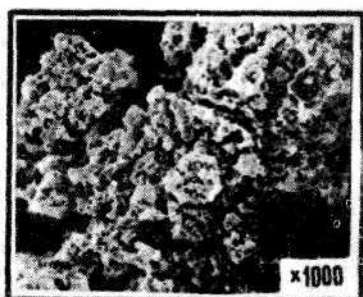
Calcite, Starobin



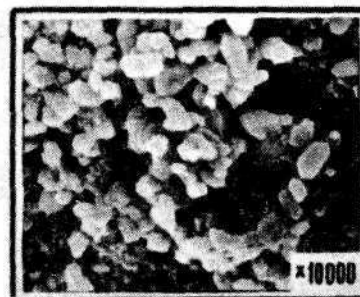
Calcite, Starobin



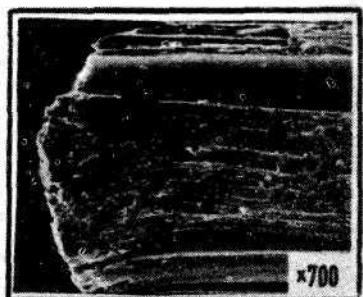
Calcite, Seregovo



Gypsum, Seregovo



Anhydrite, Santa Pola

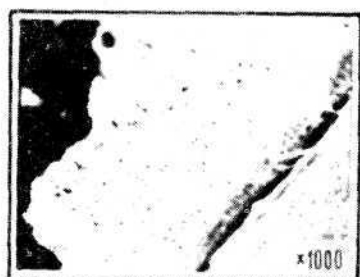


Gypsum, Barcelona

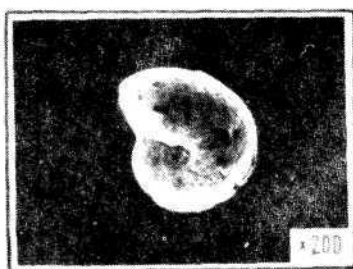
Рис. 6. "Губки"
Fig. 6. "Sponges"



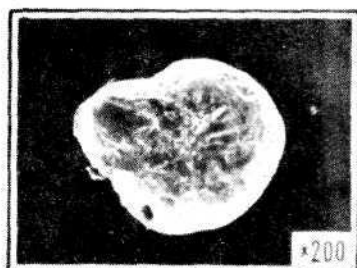
Seregovo



Seregovo



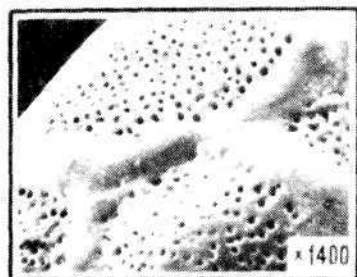
Barcelona



Torrevieja



Santa Pola



Santa Pola

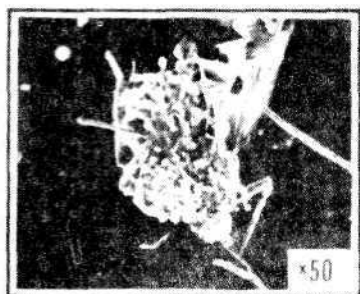
Рис.7. Органические остатки
Fig.7. Organic remains



Santa Pola



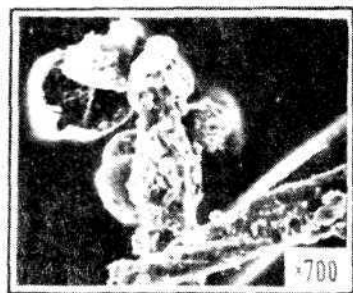
Remolinos



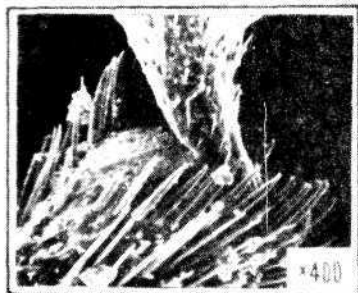
Remolinos



Remolinos

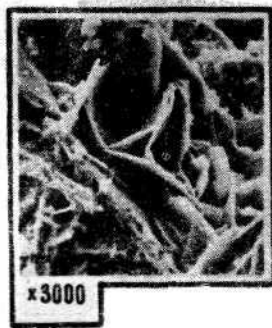
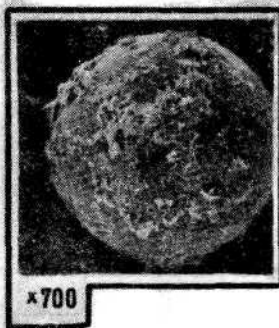
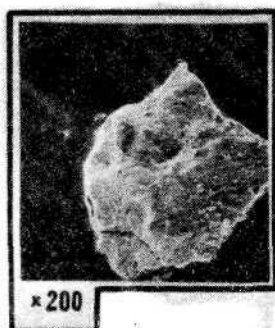


Remolinos



Remolinos

Ground Salt



Granulated Salt

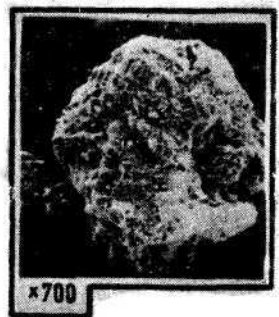


Рис.8. Включения в соли Сереговского соляного промысла (дробленая соль и гранулированная соль)

Fig.8. Inclusions in salt from Seregovo btine pit (ground salt and granulated salt)

ЛИТЕРАТУРА

1. Квартовкина Л.К., Ивашева В.В. Не хлористый натрий, а поваренная соль //Химия и жизнь, 1990.-N 9.-С . 21-23.
2. Юшкин Н.П. Минералогия соляной толщи Сереговского купола (Коми АССР).-Сыктывкар, 1989.-С.37-51//Тр,Ин-та геологии Коми научного центра УрО АН СССР: Вып.72.
3. Юшкин Н.П., Павлишин В.И. Минералогические проблемы экологии//Минералогический журнал.-1991.-13, N 2.-С.36-45.
4. Belkin N.E., Libelo El. Fibers and cylinders of cryptomelane- hollandite in Permian bedded salt, Palo Duro Basin, Texas//American Mineralogist, 1987.-V.72.-P.1211-1224.
- 5.Casassas E., Esteban M., Arino C Simultaneous determination of lead and cadmium in sodium chloride by some techniques of anodic stripping voltammetry//Instrumental analysis of foods. Recent progress.-1983.-V.2.-P.493-518.
6. Peters-Zimmermann H. Geochemische Untersuchungen an Wasserunloslichen Mineralfraktionen von Sylviniten des Kaliflozes Riodes (Z 3) // Eur.J.Mineral.-1992.- 4, N 2,- S.345-354.
7. Yushkin N.P. Mineral inclusions in table salt in relation to human nealth//29th Intern. Geol. Congr,, Kyoto, Japan, 1992.-V,1.-P.217.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Материал и методика исследований	5
Минеральные включения	6
Влияние примесных минералов на здоровье человека	8
Технологические следствия	12
Заключение	13
Mineral inclusion in table salt in relation to human health	15
Литература	33