

РЕСУРСЫ ПРИРОДНОЙ СОДЫ И ДРУГИХ СОЛЕЙ В ЮГО_ВОСТОЧНОЙ И ВОСТОЧНОЙ ЧАСТЯХ КУЛУНДИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

В.М. Рычков, С.И. Рычкова, С.В. Рычков¹, С.Г. Иванова², В.М. Ильиных³,
Российское геологическое общество, Горно-Алтайское отделение, г. Горно-Алтайск

¹ ОАО «Сургутнефтегаз», г. Сургут

² ОАО «Геологическое предприятие «Алтай-Гео», с. Майма

³ ОАО «Нерудная геологоразведочная партия», г. Барнаул

Данная статья является развитием нашей работы «Ресурсы природной соды на Алтае», изданной ранее [Рычков и др., 2006].

Введение. Природная сода - редкое для России полезное ископаемое. Промышленные разрабатывавшиеся месторождения известны только в Алтайском крае. Это Михайловское, связанное с группой из шести озер системы Танатар и озером Кучерпак, с запасами по последнему пересчету – 3,05 млн. т (кат. А+В+С₁) [Иванов и др., 1983; Баланс..., 2000] и Петуховское с запасами 16,6 тыс. т по категории В [Баланс..., 2000]. Михайловское месторождение эксплуатировалось с открытия в 1927 по 1976 годы с добычей от 10 до 100 тыс. т/год. Отработка прекращена в 1976 году, но возобновилась в 2004 году. Петуховское месторождение отрабатывалось с открытия в 1920 году до 1960-х годов. Из известных 18 минералов содового типа основными в месторождениях Алтайского края являются: трона ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \times \text{NaHCO}_3 \times 2\text{H}_2\text{O}$), натрон ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \times 10\text{H}_2\text{O}$), нахколит (NaHCO_3). Встречаются их соединения с карбонатом кальция (гейлюссит, шортит, пирсонит), с карбонатом магния и с хлористым натрием (нортупит), с сульфатом натрия (бурхвит), с карбонатом магния и с сульфатом натрия (тихит). Неоднократно запасы месторождений пересчитывались [Иванов и др., 1983; Баланс..., 2000; Кучин, 1934; Горбов, Кашаков, 1949; Кучин, 1927], но существенного увеличения сырьевой базы соды не было достигнуто в силу ограниченной площади озер с содовой рапой и незначительного развития донных содовых отложений и подземных содовых вод.

С 80-х годов в СССР добыча природной соды не велась. Потребность промышленности (8-9 млн. т/год) удовлетворялась производством искусственной соды из известняка и поваренной соли по аммиачному способу Сольве и путем комплексной переработки нефелиновых руд. При этом получались ядовитые отходы – рассолы хлористого кальция (до 10 куб. м на 1 тонну продукта). В 2005 году в России производилось около 2 млн.т соды в год. Часть кальцинированной соды импортируется. Мировая потребность (40-50 млн.т) удовлетворяется производством искусственной соды (Европа) и добычей природной (США, где эксплуатируются большие озерные месторождения природной соды Грин-Ривер и Пайсинес – Крик). Добыча ведется шахтным способом с больших глубин (до 1-2 км), что тоже не дешево.

В связи с плохой экологией и высокой стоимостью производства искусственной соды (в 80-х годах прошлого века стоимость составляла 76 долларов за тонну по способу Сольве в Европе против 45 долларов за тонну природной соды в США, откуда ее еще надо привезти с крайнего запада США) в 1981-1990 годах была предпринята попытка увеличить сырьевую базу соды СССР за счет подземных содовых рассолов и расширения географии поисков. В частности, в качестве перспективной для поисков природной соды в Алтайском крае рассматривалась площадь в многоугольнике с. Круглое – по границе Алтайского края – до Кулунды – Благовещенка –Леньки – Харитоново – Мамонтово – Шипуново – Поспелиха – Рубцовск – Круглое [Запорожский и др., 1975; Рычков, 1981, 1982, 1985], составляющая примерно 40 000 кв. км. Фактически была опоискована площадь 26 000 кв. км вокруг известных месторождений. Географически это юго-запад Алтайского края (юго-восток и восток Кулундинской низменности), административно - Угловский, Михайловский, Ключевской, Волчихинский, Егорьевский, Рубцовский, Новичихинский, Мамонтовский, Рома-

новский районы. В связи с обвалом геолого-разведочных работ в стране дальнейшие поиски были прекращены. Остались необследованными северная и восточная части перспективной площади. В данной статье речь пойдет о результатах выполненной работы. К 1991 году были составлены два больших отчета [Рычков и др., 1989, 1990]. К сожалению, по их результатам была только одна публикация [Рычков и др., 2006]. Для частичного восполнения этого пробела и удовлетворения вновь появившегося интереса к природной соде в России и предназначена данная статья.

Происхождение природной соды. Все известные мировые месторождения соды имеют экзогенный генезис. Сода образуется, по мнению многих исследователей, в хвойных лесах при наличии золотых песков и гидрокарбонатных вод в условиях жаркого сухого климата [Кучин, 1934; Баталин и др., 1973, 1977; Дзенс-Литовский, 1948; Иванов, 1935]. Накопление ее происходит в конечных бассейнах стока. Из песков, благодаря выветриванию, поступает натрий. Большую роль в процессе выветривания играют высокомолекулярные природные почвенные кислоты (креновая и апокреновая или фульвокислоты). Последние образуются при разложении остатков лесной растительности, что способствует формированию соды в зоне соснового бора. При поступлении сульфатов кальция и магния содовые воды изменяются в сторону обогащения сульфат-ионами. То есть, происходит метаморфизм карбонатных вод. В разных озерах тот или иной процесс может преобладать, поэтому образуются озера разного химсостава, расположенные обычно четковидно в конечном бассейне. В дальнейшем озера могут деградировать, растворы солей мигрировать в водоносные горизонты [Рычков, Рычкова, 2000], вытесняя из них пресные воды (благодаря большему удельному весу). Накопление соды в Кулунде шло в четвертичный период (в основном в современное время), т. к. благоприятные условия существовали только тогда (формирование рельефа, образование бессточных котловин). Климат, необходимый для накопления соды, мог существовать исключительно в послеледниковую эпоху. Процесс интенсивно идет и сейчас. Например, озеро Горькое Перешеечное сформировалось как содовое месторождение буквально в течение последнего полувека. В 1927 г. соды в нем было 14 г/куб. дм, а в 1985 году – 48 г/куб. дм. При условии погребения содовых отложений и взаимодействия их с подземными водами артезианского бассейна, может происходить обратный процесс – растворение их и разубоживание. Поэтому сода присутствует только в приповерхностных горизонтах. Другие соли способны мигрировать в более глубокие горизонты. Возможно, они сформировались раньше соды. А.Ф Горбов [Горбов, Кашаков, 1949] считает, что в конечных бассейнах первоначально формировались хлоридно-магниевые воды, и наличие их – признак того, что бассейн стока не подвергался метаморфизму до карбонатного. Такая зональность наблюдается. Хлор-магниевые воды характерны для Вшивковского, Дунайского, Соляноозерного бассейнов (наиболее значительных по запасам хлористого магния). Подобная зональность наблюдается и в вертикальном направлении. С поверхности часто содовое засоление, а в водоносных горизонтах - галит, мирабилит, хлористый магний. Так происходит в озере Дунай и окрестностях, а также в озере Точило и некоторых других. Например, озеро Точило разведано в донных отложениях как сульфатное, а с поверхности – сода.

Требования промышленности к качеству и запасам во многом сформулированы, опираясь на качество сырья известных в России месторождений – Михайловского и Петуховского - и заключаются в следующем. Содержание соды в поверхностной рапе – не менее 0,5 %, в подземных рассолах – не менее 1,5 % (при больших запасах – 0,5 %); в твердых осадках – 5 % (1,5 %). Минимальные запасы в озерной рапе – 15 тыс.т, в грунтовых рассолах – 3 млн.т. Для комплексных месторождений – такие же содержания по каждому компоненту, а запасы: сода – 15 тыс.т, сульфат натрия и галит – 100 тыс.т, хлористый магний – 5 тыс.т. При наличии микрокомпонентов в концентрациях более: U- 1×10^{-4} г/куб.дм; F-5мг/куб.дм; Br-25 мг/куб.дм; B-10мг/куб.дм; J - 18 мг/куб.дм и комплексном использовании -

запасы могут быть минимизированы до первых десятков тысяч тонн. Для каждого месторождения промышленные запасы устанавливаются отдельно, с учетом кондиций. Следует заметить, что технология извлечения солей стремительно развивается. В 80-х годах она ориентировалась на озерные высокоминерализованные воды (более 200 г/куб. дм) и садку в испарительных бассейнах. Сейчас есть технологии, позволяющие рентабельно извлекать соли из маломинерализованных вод.

Поисковые критерии и признаки. Прямые признаки – наличие соды в пробах воды из водоемов, колодцев, скважин, засоленных грунтов; косвенные – наличие минерализованных вод и засоленных грунтов. В свою очередь, прямой признак последних – низкие электросопротивления в соответствующих горизонтах.

Косвенные признаки: а) морфологические – наличие озерных котловин и понижений в рельефе, солончаки в окружении эоловых песков; б) дешифровочные (на АКФС) наличия засоленных грунтов: на черно-белых снимках - пятна светлого фототона, озерные ванны яркого белого цвета; на цветных спектрзональных – участки светлорозового и белого тона, иногда с пятнистым рисунком, отсутствие белой каймы по периметру содовых озер; пестрота окраски донных осадков и солонцов; в) гидрогеологические – наличие конечных бассейнов стока; г) климатические – превышение испаряемости над осадками в 1,5-2 раза и более; д) геофизические – наличие низкоомных (менее 10 ом) горизонтов до глубин 200 м.

Основное внимание было обращено на выявление низкоомных горизонтов геофизическими методами во всех слоях разреза до глубины 200 м, опробование грунтов и поверхностных вод, бурение скважин в зонах низких сопротивлений, опробование подземных вод и грунтов из скважин. Дешифровочные признаки играли вспомогательную роль при выяснении масштабов проявлений – для оконтуривания солончаков в тех случаях, когда сеть геофизических наблюдений и опробования была редкой.

Методика. Сеть наблюдений. Вся обследованная территория была заснята электро-разведкой методом ВЭЗ в масштабе 1:200000 (сеть 2х2 км). Выявленные аномалии низких сопротивлений детализировались в масштабе 1:50000. Всего было 20 детальных участков общей площадью 10000 кв. км. Участки изучались электропрофилированием СЭП по сети 1000х100 м, ВЭЗ-ВП по отдельным разрезам, малоглубинной (на УГВ) сейсморазведкой (1х0,5 км). В их пределах опробовались все озера (более 500), солончаки, колодцы. Пробы подвергались общему анализу и определению микрокомпонентов. Из проб грунтов анализировались водные и кислотные вытяжки. Всего сделано более 4000 анализов. Проводилось дешифрирование АКФС разного масштаба, начиная с обзорных снимков м-ба 1:1 000000 и кончая спектрзональными цветными м-ба 1:20000. Были выполнены также аэровизуальные наблюдения перспективных участков. После выделения перспективных площадей в части их эпицентров пробурены гидрогеологические скважины глубиной до 100 м (41 скважина) для выявления химизма подземных вод и максимальных концентраций солей. Перспективные озера подверглись опробованию и промерам глубин.

Подсчет запасов. В озерах, после выявления соды по опробованию, делались промеры глубин. Далее определялся объем рапы. Поскольку на топокартах 50-60-х годов озера показаны более полноводными, а в 80-х годах наблюдалось усыхание, фактическая площадь определялась по АФС 80-х годов. Умножение объема на концентрацию давало запасы по категории C_1 . Сложнее обстояло дело с подземными водами. Прямых данных было мало (по проекту всего 41 скважина плюс незначительное количество из старых отчетов). Была применена оригинальная методика, позволяющая выявить запасы с высокой точностью при минимуме бурения. Все подсчетные параметры определены по геофизическим данным – площади продуктивных горизонтов, определенные при СЭП, ВЭЗ, дешифрированию АКФС и топографических карт (всего 160 зон площадью 1000 кв.км, из них на соду 70 зон площадью 600 кв.км), их мощности в метрах (ВЭЗ-ВП), пористость пластов (ВЭЗ-ВП, каротаж КС, ПС), общая минерализация в г/куб.дм или в т/куб.м (по зависимости сопротивлений от минерализации). Мощности продуктивных горизонтов уточнялись по скважинам. Обычно

это первый водоносный горизонт (интервал глубин УГВ – 15 м), второй – третий горизонты (интервалы 20-30 м и 50-60м). По скважинам выявлялся химический состав подземных вод. Дело обычно сводилось к определению пропорций между компонентами. Обнаружено несколько основных типовых составов. Первый – содовый, второй – галитно-сульфатный в пропорции 2:1, третий – галитно-сульфатно-бишофитный в пропорции 2:1:0,5. Реже наблюдались иные пропорции.

Результаты работ.

Озерные содовые месторождения. Из более 500 обследованных озер содовых вновь выявлено 70. Все они связаны с конечными бассейнами стока, которых откартировано 20. Наиболее крупные из содовых озер: Горькое-Перешеечное (южное), Сиксимбай, Гад, Бердабай, Штаны, Лента, Узкое, Каратал, Кривое, Чикуны, Желтырь, Шуба, Каратал-2, Горькое Большое, Горькое Крестьянское, Завьяловское, Модино, Мостовое, Новичихинское. В них подсчитаны запасы соды (C_1) – суммарно 3,5 млн. т, из них 1,9 млн.т в озере Горьком-Перешеечном (южном).

Комплексные содовые месторождения (в озерах и подземных водах): 1) Горько-Перешеечное с запасами 12,9 млн.т, из них в озере Горьком-Перешеечном – 1,9 млн. т; 2) Горькое Большое – 8,6 млн.т; 3) Бычье - 6,6 млн.т; 4) Горькое (Крестьянское) - 2,0 млн.т; 5) Чикуновское – 1798 тыс. т; 6) Угловское – 391 тыс. т; 7) Рублевское - 481 тыс. т; 8) Горчиное – 785 тыс. т; 9) Макарьевское – 663 тыс. т; 10) Малиновское – 736 тыс. т; 11) Николаевское – 735 тыс. т; 12) Завьяловское – 324 тыс. т; 13) Модино-Мостовое – 1584 тыс. т; 14) Новичихинское – 198 тыс. т. Остальные 56 зон с ресурсами менее 100 тыс. т каждая рассматриваются как проявления.

Общие ресурсы соды на исследованной части перспективной площади (26 тыс. кв. км) оценены цифрой 47 236 тыс.т, из них в эксплуатируемых Михайловском и Петуховском месторождениях – 3067 тыс. т, т. е. прирост ресурсов в 15 раз. Из вновь выявленных наиболее значимы месторождения **Горько-Перешеечное, Горькое Большое, Бычье**. Схема расположения месторождений приведена на рис.1.

Месторождения солей магния открыты попутно. Все они комплексные и связаны с подземными водами. Это: 1) Соляноозерное с ресурсами категории P_1 : бишофит ($MgCl_2$) – 0,6 млн. т, мирабилит (Na_2SO_4) – 1,2 млн. т, галит ($NaCl$) – 4,3 млн. т; 2) Дунайское: бишофит – 11,6 млн. т, галит – 26,7 млн. т; 3) Вшивковское: бишофит – 1,5 млн. т, мирабилит – 0,7 млн. т, галит – 3,6 млн. т; 4) Малиновское (ранее разведывалось, ресурсы расширяются): бишофит – 5,4 млн. т, мирабилит – 2,6 млн. т, галит – 9,5 млн. т (по разведке 1970 г. – 1,4, 0,6 и 5,0 млн. т соответственно); 5) Горносталевское: бишофит – 1,7 млн. т, мирабилит – 0,6 млн. т, галит – 16 млн. т; 6) Завьяловское: бишофит – 98 тыс. т, $Mg SO_4$ – 1,0 млн. т; 7) Душное: бишофит - 2,3 млн. т, мирабилит – 3,0 млн. т, галит – 0,6 млн. т.

Мормышанское месторождение сульфата натрия также выявлено попутно. Запасы оцениваются следующими цифрами: сульфат натрия – 21,0 млн. т, сульфат магния – 1,4 млн. т, галит – 2,8 млн. т.

Микрокомпонентный состав. В ряде озер и в подземных водах обнаружены повышенные, интересные для промышленности и бальнеологии, содержания урана, брома, фтора, бора, йода. Все они приурочены к Соляно-Озерной Степи (СОС) и ее окрестностям: озерам Йодное, Узкое, Каратал, Живописное, Лента, Штаны, Кривое, Люськино, Бычье, Горькое-Перешеечное. Урановая минерализация относится к вторичной - после Семипалатинских испытаний. При этом в грунтах на увалах повышенных содержаний урана не отмечено. Все они приурочены к озерным конечным бассейнам стока. То есть, за годы после испытаний наблюдается смыв соединений урана в низины. В водоносных горизонтах аномалий гамма-активности не обнаружено. По фтору, бром, йоду, бору названные озера могут использоваться в бальнеологии.

Общие ресурсы солей в подземных водах исследованной площади: сода – 47,2 млн. т, соли магния – 25,3 млн. т, сульфат натрия – 92,7 млн. т, галит – 147,0 млн. т. Всего – 312,2

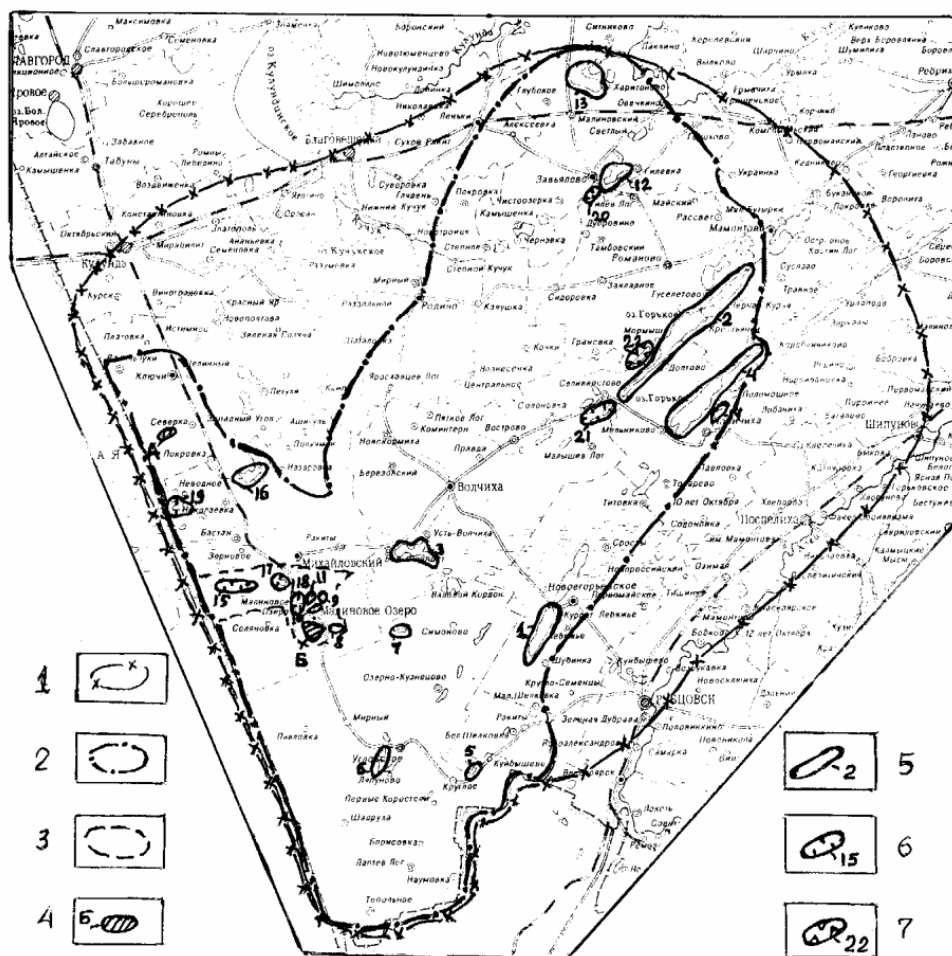


Рис. 1. Схема расположения месторождений природной соды в Кулунде.

1 - контур перспективной на соду территории; 2 – площадь, опоискованная на соду работами [Рычков и др., 1989, 1990]; 3 – контур Соляно-Озерной Степи (СОС); 4 - известные промышленные месторождения (А – Петуховское; Б – Михайловское); 5 – месторождения соды, выявленные по освещаемым работам: 1 – Горькое-Перешеечное, 2 - Горькое Большое, 3 - Бычье, 4 – Горькое (Крестьянское), 5 – Чикуновское, 6 – Угловское, 7 – Рублевское, 8 – Горчиное, 9 – Макарьевское, 10 – Малиновское, 11 – Николаевское, 12 – Завьяловско, 13 - Моудино-Мостовое, 14 - Новичихинское; 6 – вновь выявленные месторождения солей магния: 15 – Соляноозерное, 16 - Дунайское, 17 – Вшивковское, 18 – Малиновское, 19 – Горносталевское, 20 – Завьяловское, 21 – Душное; 7 – новые месторождения мирабилита: 22 - Мормышанское.

млн. т. Предполагаем, что оставшаяся необследованной часть перспективной на соду площади может дать прирост ресурсов еще на треть. И общая сумма ресурсов соды в Кулунде может составить 70 млн. т.

Вообще же прогнозные геологические ресурсы всех солей (без гипса) на западе Алтайского края от границы края до рр. Алей и Оби, включая такие озера как Кучук и Кулундинское, глубокие водоносные горизонты неогена, палеогена и мела, оцениваются авторами цифрой 3-4 млрд. т. Попутно упомянем ресурсы **столовых минеральных вод** Приобского плато, связанных с неоген-палеогеновыми и меловыми водоносными горизонтами. Их оценка сделана нами в работах [Рычков и др., 1990, 1992, 2007]. Подсчетная сумма – 200 млрд. куб. м столовых вод на площади более 3200 кв. км. Состав их сульфатно-хлоридный натриево-магниевый с минерализацией 5-10 г/куб. дм. Тип - Завьяловские минеральные воды.

В заключение скажем: выполненные работы по поискам соды позволили не только оценить ее ресурсы в Кулунде, но и открыть конкретные полтора десятка месторождений, наиболее значительными из которых являются Горько-Перешеечное, Горькое Большое,

Бычье. Попутно выявлены семь месторождений солей магния, в основном бишофита (наиболее крупное – Дунайское), месторождение сульфата натрия – Мормышанское, оценены ресурсы столовых минеральных вод Приобского плато.

Литература

- Баланс* запасов соды по Алтайскому краю. ФГУ ТФИ по Алтайскому краю. 2000. 10 с.
- Баталин Ю.В., Касимов Б.С., Станкевич Е.Ф.* Месторождения природной соды и условия их образования. М., Недра, 1973. 208 с.
- Баталин Ю.В., Станкевич Е.Ф., Касимов Б.С.* Основы прогнозирования и поисков месторождений природной соды. М., Недра, 1977. 88 с.
- Горбов А.Ф., Кашиakov В.Д.* Подсчет запасов соды в озерах Танатар-1, Танатар-У и Кучерпак. ВНИИГ, Ленинград, 1949. 110 с.
- Дзенс-Литовский А.И.* Геологические условия формирования месторождений природной соды СССР // Тр. ВСЕГЕИ, 1948, нов.серия, № 4, с. 112-124.
- Запорожский Э.Ф., Рычков В.М., Хафизов Г.Ф.* Перспективы поисков подземных минерализованных вод в Западной части Алтайского края // Охрана, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов Алтайского края. Барнаул, Алт. изд-во, 1975, с. 126-128.
- Иванов Е.Н.* Почвы и соленакопление в озерах ленточных боров // Тр. Соис. Кулундинская экспедиция, вып. 5. М., 1935. С. 15-30.
- Иванов М.П., Леутин В.Г., Ильиных В.М., Рыбакова Е.Х.* Отчет по детальной разведке Михайловского месторождения соды (система озер Танатар I-VI - Кучерпак), озер Горчиное и Селитренное с целью коренной переоценки запасов солей в поверхностной рапе, донных отложениях и подземных рассолах (по результатам работ Содового отряда за 1971-83 годы). НГРП, п. Борзовая Заимка, 1983. 257 с.
- Кошкарлов С.Д.* Поверхностная рапа соляных озер и ее изменения во времени // Тр. ВНИИГ, 1956, вып. Ххх11, с. 56-70.
- Кучин М.И.* Предварительный отчет гидрогеологической партии СОГК по исследованию содовых озер в Петуховском и Михайловском районах Славгородского округа. Новокузнецк, 1927. 50 с.
- Кучин М.И.* Сода. Поваренная соль. Бром. Глауберова соль. Минеральные и газовые источники. Магнезиальные соли // «Полезные ископаемые Западно-Сибирского края», 1934, т. II, с. 32-57.
- Мартынов В.А.* К истории формирования озер Кулундинской степи // Вестник ЗСГУ, 1963, № 2, с. 29-32.
- Рычков В.М.* Направление исследований для поисков соды в подземных водах западной части Алтайского края на 1982-90 годы (доклад на экспертной комиссии НТС Мингео СССР 27 мая 1981 года в г. Новокузнецке, созванной для решения вопроса «Состояние и перспективы поисков природной соды в СССР»). Майма, 1981, 10 л. гр., 82 с.
- Рычков В.М.* Перспективы и направления поисков месторождений природной соды в Алтайском крае. - Новые данные по геологии и полезным ископаемым Алтая. Алт. изд-во, Барнаул, 1982, с. 159-168.
- Рычков В.М.* Геофизические исследования по поискам минерализованных содовых вод на западе Алтайского края. - Природная сода и давсонитопроявления в СССР. М., Наука, 1985, с. 43-46.
- Рычков В.М., Власова Г.А., Рычкова С.И.* Результаты опытно-методических работ и переинтерпретации геофизических материалов для целей гидрогеологии по Степному Алтаю. - Отчет ББП АГЭ за 1985-92 гг. Кн. 1. Майма, 1992. 299 с.
- Рычков В.М., Иванова С.Г., Ильиных В.М., Рычков С.В.* О гипсоносных толщах Алтая // Природные ресурсы Горного Алтая, 2005, № 2, с. 89-96.

Рычков В.М., Иванова С.Г., Ильиных В.М., Щигрев А.Ф., Зеличенко Г.В., Савченко В.Н., Михеева А.П. и др. Результаты поисков месторождений природной соды в юго-восточной части Кулундинской впадины. - Отчет Бийско-Барнаульской партии о работах за 1982-1989 гг. Т. 1. Новокузнецк, 1989. 256 с.

Рычков В.М., Иванова С.Г., Михеева А.П., Власова Г.А. Результаты опережающих поисковых геофизических работ с целью выявления участков, перспективных на поиски месторождений природной соды в восточной части Кулундинской впадины. - Отчет Бийско-Барнаульской партии за 1986-1990 годы. Т. 1. Майма, 1990. 150 с.

Рычков В.М., Рычков С.В., Иванова С.Г. Ресурсы лечебно-столовых вод Приобского плато // Природные ресурсы Горного Алтая, 2007, № 1, с. 83-86.

Рычков В.М., Рычков С.В., Иванова С.Г., Ильиных В.М. Ресурсы природной соды на Алтае // Природные ресурсы Горного Алтая, 2006, № 2, с. 46-51.

Рычков В.М., Рычкова С.И. Минерализованные воды неоген-четвертичных отложений Алтайского региона // Итоги и перспективы геологического изучения Горного Алтая. Материалы научно-практической конференции, посвященной 300 – летию горно-геологической службы России и 50-летию образования геологического предприятия «Алтай-Гео», Горно-Алтайск, Горно-Алтайское кн. изд-во, 2000, с. 96-100.

Сычев И.И., Юров Л.М., Трофимов Г.С., Ильиных В.М. Сырьевая база природной соды в Алтайском крае // Природная сода и давсонитопоявления в СССР. М., Наука, 1985, с. 39-42.