

2000/XP/7, прогр. AdobeReader. – Загл. с экрана. № гос. регистр. 0321401504 от 26.09.2014.

3. Кузовкова М. В., Баранов Ю. М. Проект "Реновация старого Демидовского завода". Концепция и Мастер-план [Электронный ресурс]: электронная монография /– Электрон.дан. (1 560 Мб, 77 стр. гипертекста, 937 илл., 109 3D реконстр.) – М.: ИНФОРМРЕГИСТР, [2016]. – 1 электрон.опт. диск (DVD-R): зв., цв.; 12 см. – Систем. требования: Pentium 1 ГГц; Windows XP/7. – Загл. с титул.экрана. – № гос. регистр. 0321604341 от 22.12.2016.( Г. М. Котина «мастер-план»).

УДК 571.56:553.45

## **ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ДЕПУТАТСКОГО ОЛОВОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (С-В ЯКУТИЯ)**

***В. Н. Макаров***

Институт мерзлотоведения СО РАН, Якутск, Россия, [vnmakarov@mpi.ysn.ru](mailto:vnmakarov@mpi.ysn.ru)

### **Аннотация**

В статье охарактеризованы эколого-геохимические условия территории освоения крупнейшего месторождения олова – Депутатское. Показана масштабность и специфичность последствий отработки месторождения, своеобразии воздействия на компоненты природной среды. Отмечено, что отрицательные экологические последствия разработки Депутатского месторождения олова имеют локальный характер по загрязнению атмосферы и литосферы и являются региональными по уровню техногенного давления на водные системы. Высказано мнение о нецелесообразности ограничений в дальнейшей отработке месторождения при условии создания и реализации системы природоохранных и компенсирующих мероприятий, позволяющих сохранить эффективную добычу олова с минимальным ущербом для северных геосистем.

**Ключевые слова:** оловорудное месторождение, Депутатское, геохимия, геоэкология, природная среда.

## **ECOLOGICAL AND GEOCHEMICAL CONDITIONS OF THE DEPUTATSKY TIN DEPOSIT (NORTH-EAST YAKUTIA)**

***V. N. Makarov***

### **Abstract**

The article highlights the state of the tin mining industry in Yakutia and the largest tin deposit - Deputatsky, characterizes the natural conditions of the territory of development, their extremeness in climatic, geological-geomorphological and geocryological respects. The scale and specificity of the consequences of mining the deposit, the nature, originality of the impact on individual components of the natural environment are shown. An opinion was expressed about the inexpediency of restrictions in the further development of the deposit, provided that a system of environmental protection

and compensatory measures is created and implemented to maintain efficient tin mining with minimal damage to northern geosystems. This will contribute to the revival of the tin-mining industry of the republic.

**Keywords:** tin, Deputy ore deposit, North-East of Yakutia, geocology, natural environment, mining, Protection of Nature.

**Введение.** Олово является одним из важнейших полезных ископаемых, задействованных в народном хозяйстве Российской Федерации. Его запасы превышают 2 млн. тонн и сконцентрированы восточнее Урала – в пределах Иркутской и Магаданской областей, Забайкальского, Хабаровского и Приморского краев, Республики Якутии и Чукотского автономного округа. В Якутии основные месторождения олова сосредоточены на востоке и северо-востоке республики, где к настоящему времени известно 114 собственно оловянных объектов – девять коренных месторождений: Барыллыэлах, Депутатское, Дьяхтардахское, Кестер, Улахан-Эгеляхское, Чурпуньяа, Эге-Хая; шесть россыпных месторождений: Ергылкан, Смольникова, Тасаппа, Тирехтях, Тысы-Кыл, Чокурдахская; 92 коренных и семь россыпных проявлений, а также два месторождения комплексных олово-вольфрамовых руд: Купольное и Хороньское (10).

Природные условия территории месторождения. Депутатское оловорудное месторождение расположено на северо-востоке Республики Саха (Якутия) в Усть-Янском районе (рисунок 1). Это крупнейшее месторождение олова в России, его запасы составляют 13 % от запасов металла в стране. Месторождение было открыто 3 августа 1947 года и активно разрабатывалось подземным способом в период 1951–1999 гг. Позднее, в связи с общими экономическими проблемами в стране (13), эксплуатация постепенно сокращается. Ограниченная обработка ведется и в настоящее время (8, 9).



**Рисунок 1** – Космический снимок района Депутатского месторождения

Климат района резко континентальный с суровой продолжительной зимой (8-9 месяцев) и коротким летом. Среднегодовая температура воздуха  $-13,2^{\circ}\text{C}$ . Среднегодовое количество осадков 250-280 мм, глубина снежного покрова – до 24 см. Многолетнемерзлые породы имеют сплошной характер развития, мощность

около 500 м с температурой на подошве слоя годовых колебаний около  $-7,0$  °С. Сезонное оттаивание грунтов составляет от 0,4 до 1,8 м (7, 13). Основными географическими факторами, отрицательно влияющими на преобразование экосистем криолитозоны в районе месторождения, являются климатические (низкая температура, высокая повторяемость безветренных дней, туманы, относительно высокая плотность воздуха), геоморфологические и геокриологические условия ландшафтов (льдиность отложений, температура горных пород, мощность сезонного слоя, наледи и другие мерзлотные процессы и явления).

Важным геоэкологическим аспектом является развитие криогенных процессов и явлений: морозное выветривание, солифлюкция, морозное пучение, термокарстовые явления, морозобойное трещинообразование (12, 14).

**Результаты и обсуждение.** Горнодобывающие и горнообогатительные предприятия являются одними из наиболее активных преобразователей окружающей среды, что связано с целым комплексом техногенных факторов [3]. В то же время и сами месторождения являются природными загрязнителями. Отрицательные геоэкологические последствия практически неизбежны при технологических процессах разведки и эксплуатации месторождений. Это дефляция и размыв отвалов и хвостохранилищ; стоки водоотлива из подземных и поверхностных горных выработок; стоки обогатительных фабрик после очистки сооружений; рассеяние рудного материала при транспортировке; организованные и неорганизованные выбросы в процессе обогащения.

Основным оловосодержащим минералом месторождения является касситерит. Попутные ценные элементы в рудах: In, Au, Bi, Ag (таблица 1).

**Таблица 1** – Химический состав руды Депутатского месторождения, мг/кг

Горные породы	Sn	Cu	Zn	Pb	As	Tl	Кол-во проб
Руда на Западном и Центральном флангах месторождения	4000	310	1200	70	64	1,4	120
Вмещающие породы, песчаники	3,8	26,3	76,8	18,7	<5	0,84	32

Рудное поле месторождения сложено мощной терригенной толщей песчаников с прослоями-ритмами глинистых алевролитов-алевропесчаников. Простираение пластов от северо-западного до субширотного, падение до  $20^\circ$  на юго-восток. Рудные тела морфологически представлены минерализованными зонами дробления, жилами выполнения, зонами прожилкования с выклинивающимися и дуговыми апофизами. Мощность не выдержанна и изменяется в пределах от 0,3 до 4,5 м с небольшими раздувами. Состав первичных руд – сульфиды, кварц, хлорит, турмалин, метаморфизованные осколки вмещающих пород (6, 10, 11).

Отработка месторождения ведется шахтным способом и связана с извлечением на поверхность больших масс пустых горных пород, откачкой дренажных вод, эксплуатацией их накопителей, хвостохранилищ.

К настоящему времени в результате горно-геологических работ серьезному преобразованию в подвержены около 75 % площади месторождения, что составляет около 4,9 тыс. га.

Поверхностные воды (реки, озера) за пределами месторождения очень пресные с минерализацией 30-40 мг/л, гидрокарбонатные смешанные по составу катионов. Характерной особенностью химического состава фоновых вод является сравнительно высокое для Северо-Востока Якутии содержание сульфат-иона, отражающее насыщенность сульфидами горных пород. Соотношение анионов в составе фоновых речных вод:  $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$ , катионов -  $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$  (4).

Общей чертой гидрогеохимии района Депутатского месторождения является формирование кислых, иногда очень кислых, естественных гидрогеохимических полей с высокими концентрациями сульфатов и присутствием в солевом составе комплекса рудных элементов (5).

В результате процессов криогенеза в надмерзлотных водах формируются сульфатные криопэги. Величина сухого остатка этих вод достигает 250 г/л, а в составе микроэлементов обнаружены аномальные концентрации Cu, Sn, As, Ag, Pb, Cd, Be, Nb, Ta, Li, Hg.

Повышенная сульфатность характерна и для подмерзлотных вод, вскрытых скважинами в пределах рудного поля на глубинах 200-600 м. В составе подмерзлотных вод наблюдается обширный комплекс тяжелых металлов (Sn, Cu, Ag, Pb, Zn, Ni) и As, типоморфных составу рудных тел.

Источниками долговременного загрязнения речных экосистем являются хвостохранилища. Рудная пульпа обогащена металлами, содержащимися в пульпе (в основном халькофильной группы). Экологическая опасность продуктов обогащения связана с активизацией физико-химических процессов, возрастанием миграционной способности металлов, что ведет к развитию контрастных и протяженных потоков рассеяния.

Значительную опасность представляет такие высокотоксичные элементы как As и Pb, накапливающиеся в осадках отстойников и хвостохранилищ, и способные быть источниками вторичного загрязнения воды. Содержание этих токсикантов в осадках, особенно в техногенных илах, достигает высоких концентраций (таблица 2).

**Таблица 2** – Содержание As и Pb в осадках хвостохранилищ ДГОКа, мг/кг

Объекты Депутатского ГОКа	As	Pb
Хвостохранилище	1000	7
Отстойник	500	70
ПДК <sub>почв</sub> [2]	10	32

Природную гидрогеохимическую обстановку меняют техногенные процессы: увеличение инфильтрационного питания за счет поступления из накопителей карьерных вод и жидкой фазы пульпы из хвостохранилищ; атмосферных осадков, поверхностных вод вследствие инверсии режима

поверхностных водоемов и водотоков (превращения их из естественных дрен в источники питания); загрязнение поверхностных вод атмосферными осадками, содержащими продукты выщелачивания отвалов пустых пород, карьерными водами, откачиваемыми в накопители, поверхностные водотоки и водоемы, сточными водами. Большинство сооружений, ограждающих накопители и хвостохранилища, пропускают техногенные растворы. «Ураганная» кислотность, повышенная концентрация сульфатов и соединений азота наблюдается в водосбросе хвостохранилища Депутатского оловорудного месторождения на протяжении тридцати лет (таблица 3).

**Таблица 3** – Содержание макро- и микрокомпонентов в техногенных водоемах Депутатского оловорудного месторождения, мг/л

Объекты	pH	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Zn	Cu	Mn	As
Хвостохранилище	2,6-3,5	405	0,034	11350	145	1,1	64	45	0,10
Водосброс, 1991 г.	2,6	1,0	0,005	1094	60	1,5	2,0	1,0	0,005
Водосброс, 2021 г.	2,9	< 0,5	1,31	1250	52	< 0,005	< 0,001	0,0043	0,005
ПДК <sub>рх</sub> [1]	-	0,1	0,02	100	40	0,010	0,001	0,010	0,010

Поступление техногенных вод из хвостохранилища (рисунок 2) формирует контрастные техногенные гидрогеохимические аномалии в р. Депутатская, ручьях расположенных ниже по течению и даже в реке Иргичээн, куда сточные воды с накопителя жидких промышленных отходов на хвостохранилище прямиком спускаются в водосбросный лоток. При этом содержание, к примеру, аммония, Fe, Mn, Cu, Zn в воде, накапливающейся в хвостохранилище, превышает ПДК в сотни и даже в тысячи раз.

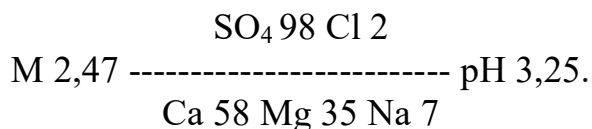


**Рисунок 2** – Хвостохранилище Депутатской ОФ

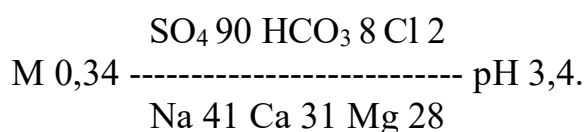
Большие объемы загрязненных стоков попадают в водные системы при катастрофических паводках. На Депутатском ГОК в 2007 г. в период с 22 мая по 4 июня объем сброса составил 202 тыс. м<sup>3</sup>; в 2008 г. с 6 по 13 июня, было сброшено 103 тыс. м<sup>3</sup> паводковой воды при пропускной способности сифонного водосброса 600 м<sup>3</sup>/час.

Вода ручьев, расположенных ниже Депутатского рудного поля, представляет собой типичные «рудные» воды с преобладанием сульфатов в солевом составе и высокой концентрацией тяжелых металлов. Это очень агрессивные кислые воды с величиной pH 2,5–3,5 и повышенной минерализацией. Высокая кислотность и

насыщенность природных вод сульфатами и тяжелыми металлами наблюдается практически на всем протяжении р. Депутатская. Химический состав воды ниже хвостохранилища ДОФ сульфатный магниевый-кальциевый с величиной минерализации около 2,5 г/л:



Рудничные воды обогатительной фабрики частично сливаются через водоотводный туннель непосредственно в р. Иргичээн. Нейтрализация технологических растворов мало эффективна, и через туннель в реку поступают практически неочищенные очень кислые стоки. В русле реки ниже водоотвода рудничных вод формируется контрастная техногенная аномалия (р. Иргичээн (1,5 км ниже водоотвода ДОФ)):



Сброс рудничных вод Депутатской обогатительной фабрики в водную систему р. Иргичээн приводит к ее загрязнению широкой гаммой микроэлементов. Однако, благодаря щелочному геохимическому барьеру в воде реки, тяжелые металлы частично удаляются из раствора и концентрируются в донных осадках.

Состав и контрастность техногенных гидрогеохимических аномалий по отношению к фоновым концентрациям в природных водах приведены в таблице 4.

**Таблица 4** – Состав и контрастность техногенных гидрогеохимических аномалий в районе Депутатского месторождения олова

Контрастность относительно фоновых содержаний	Состав гидрогеохимических аномалий
1000 · n	Zn, Cu, Mn
100 · n	Co, Pb, La, SO <sub>4</sub>
10 · n	Ag, Mo, Sn, As, Mg, NH <sub>4</sub>
n	V, Cr

**Заключение.** Оловодобывающая отрасль на Северо-Востоке Якутии характеризуется высокими запасами полезных ископаемых при экстремальных природных условиях: резко-континентальном климате, скудной растительности, сложных мерзлотных и геоэкологических условиях.

Отрицательные экологические последствия разработки Депутатского месторождения олова имеют локальный характер по загрязнению атмосферы и литосферы и являются региональными по уровню техногенного давления на водные системы.

Высокое качество сырья определяет экономическую эффективность создания в Якутии крупной оловодобывающей промышленности. Для получения одной

тонны олова в концентрате из якутских месторождений при одинаковом уровне затрат на технику и рабочую силу потребуются меньше, чем в Приморском крае - в 3 раза, в Хабаровском крае и Магаданской области – в 1,5 раза. При устойчивом росте мирового спроса на олово: средняя цена на которое с 1 января 1993 по 18 января 2022 возросла на 647%: было 5 562, стало 41 553 \$/т, можно достичь неплохих финансовых показателей при дальнейшем освоении Депутатского месторождения. Однако одним из факторов, удорожающих освоение природных ресурсов республики, является отсутствие налаженной экономически эффективной транспортной схемы.

Резкий рост мирового спроса на металл определяет необходимость ускоренного освоения добычи оловянных руд в Саха (Якутия). Так, компания «Янолово» в ближайшие три года планирует удвоить инвестиции на развитие проекта по добыче олова в Усть-Янском районе Якутии. Россия располагает одной из крупнейших сырьевых баз олова в мире, которая могла бы обеспечить стране высокие позиции среди оловопроизводящих государств.

Создание и реализация системы природоохранных и компенсирующих мероприятий, в первую очередь в гидросфере, позволят обеспечить эффективную добычу олова с минимальным ущербом для северных геосистем и способствовать возрождению оловодобывающей отрасли республики.

#### **Список цитированных источников**

1. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования). – М. : Минздрав России, 2003 (с изменениями на 13.07.17).
2. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Гигиенические нормативы. – М. : Стандартинформ, 2006. – 15 с.
3. Единые правила охраны недр при разработке месторождений твердых полезных ископаемых/ Госготехнадзор СССР. – М : Недра, 1987. – 60 с.
4. Макаров, В. Н. Ионная (солевая) миграция химических элементов в природных водах криолитозоны. – Сборник докладов международной научной конференции Четвертые Виноградовские чтения. Гидрология: от познания к мировоззрению» 24-27 марта 2020 г. Санкт-Петербургский государственный Университет. – Санкт-Петербург : ООО "Издательство ВВМ", 2020. – С. 957–962.
5. Макаров, В. Н. Техногенные геохимические потоки месторождений олова в арктической зоне Якутии / В. Н. Макаров, Б. К. Мокшанцев // В сб.: Формирование подземных вод криолитозоны. – Якутск : Ин-т мерзлотоведения СО РАН, 1992. – С. 48–65.
6. Матвеев, А. И. Технологическая оценка месторождений олова Якутии / А. И. Матвеев, Н. Г. Еремеева ; отв. ред. С. М. Ткач ; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т горного дела Севера им. Н. В. Черского. – Новосибирск : Академическое изд-во “Гео”, 2011 – 119 с.
7. Мерзлые ландшафты Якутии. Пояснительная записка к Мерзлотно-Ландшафтной карте Якутской АССР масштаба 1 : 2 500 000 / Новосибирск : ГУГК, 1989. – 170 с.
8. Перспективы возрождения оловянной промышленности в республике Саха-

- Якутия. Электронный ресурс. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-vozhrozhdeniya-olovyanoy-promyshlennosti-v-respublike-saha-yakutiya>.  
Источник : <https://cyberleninka.ru>. Дата обращения: 18.09.2019.
9. Перспективы добычи олова в России. Электронный ресурс. URL: <http://www.yktimes.ru>. Источник: YKTIMES.RU. Дата обращения: 11.06.2017.
  10. Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). – М. : М АИК “Наука/Интерпериодика”, 2001 – 571 с.
  11. Участок «Западный» оловородного месторождения Депутатский. С-В Якутия. Электронный ресурс. URL: <https://www.google.com/intl/ru/photos/about/>. Источник: <https://www.google.com/intl/ru>. Дата обращения: : 16.07.2021.
  12. Шац, М. М. Дистанционные эколого-геокриологические исследования. – Якутск : Ин-т мерзлотоведения СО РАН, 1997. – 78 с.
  13. Шац, М. М. Геокриологические и геоэкономические аспекты освоения месторождений олова Яно-Индибирская провинция (Якутия) // Маркшейдерия и Недропользование. – № 5(103). – 2019 г. – С. 3–8.
  14. Шац, М. М. Геоэкологические особенности недропользования в Восточной Сибири / М. М. Шац, В. Н. Макаров // Всероссийская конференция с международным участием «Устойчивость природных и технических систем в криолитозоне», посвященная 60-летию образования ИМЗ СО РАН (28-30.09.2020 г.). – Якутск : Ин-т мерзлотоведения СО РАН. – С. 204–207.

УДК 631.895:663.269

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ НОВОГО, ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО МИКРОУДОБРЕНИЯ «КОМПЛЕКС - КО» ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР**

*А. Р. Микаелян<sup>1</sup>, Г. С. Мартиросян<sup>1</sup>, О. В. Токмаджян<sup>2</sup>, Н. А. Микаелян<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Национальный аграрный университет Армении, Ереван, Армения,  
agamgm@seua.am

<sup>2</sup>Шушинский технологический университет, Ереван, Армения, jhhinst@mail.ru

### **Аннотация**

Оценено влияние комплексного препарата «Комплекс-Ко» с ростостимулирующим действием на возделывание зерновых культур, в частности на скорость кущения ячменя, полбы, тритикале из зерновых злаков. Препарат разработан в базовой лаборатории НПУА «Создание и контроль качества сельскохозяйственных пестицидов» и является продуктом кислотной обработки отходов виноделия: натурального винного камня и востребован в органическом земледелии, представляет собой комбинацию добавок (аминных производных природной винной кислоты, коламина и микроэлементов), обеспечивающих улучшение химико-биологических свойств почвы. Доказано, что стимулятор роста «Комплекс-Ко» также эффективен при внекорневой подкормке.

**Ключевые слова:** микроудобрение, стимулятор роста растений, хелатный комплекс, винная кислота, органическое земледелие, внекорневая подкормка.