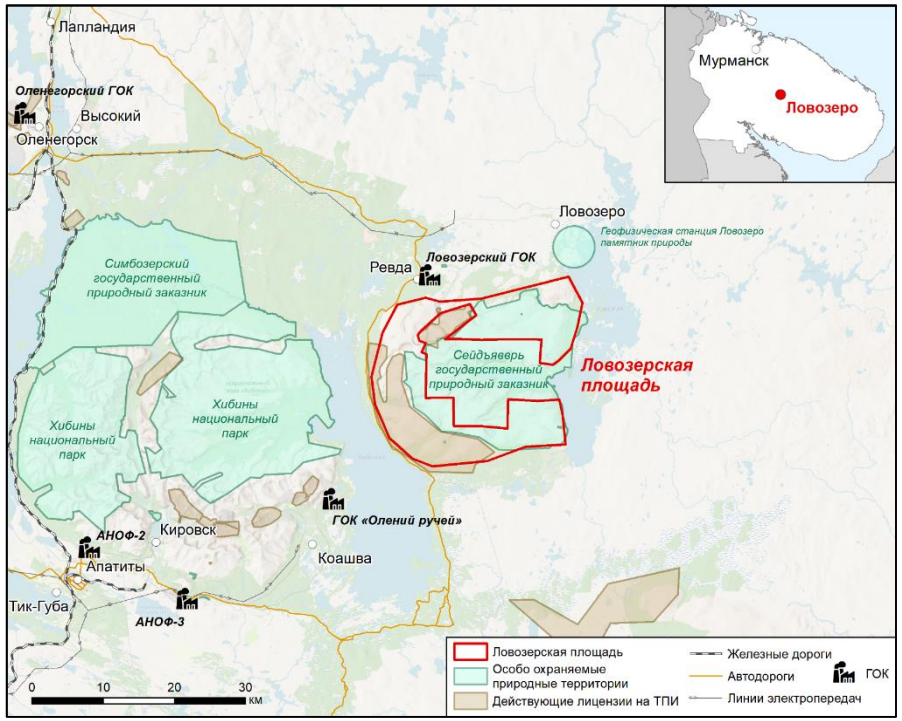
"Прогнозно-минерагенические работы на эвдиалитовые руды Ловозерского массива: возможный промышленный источник дефицитных РЗМ"

Казанов Сергей Олегович
Ведущий геолог ГПО
ФГБУ «ВИМС»

2025 г

ПРОГНОЗНО-МИНЕРАГЕНИЧЕСКИЕ РАБОТЫ НА РЕДКИЕ МЕТАЛЛЫ В ПРЕДЕЛАХ ЛОВОЗЕРСКОГО МАССИВА МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ



В 1995 году запасы эвдиалитовых руд в кол-ве 577 млн.т руды и 2.5 млн. т РЗМ (0.5% при доле средне-тяжелой группы – 35%) представлялись на государственную экспертизу, но были отклонены в связи с отсутствием технологии извлечения.

В строении Ловозерского массива принимают участие дифференцированный комплекс, в котором локализовано Ловозерское месторождение комплексных лопаритовых руд; комплекс эвдиалитовых луявритов (эвдиалитовый комплекс) и комплекс жильных пород.
С **комплексом эвдиалитовых луявритов связано эвдиалитовое и эвдиалит-лопаритовое оруденение**

Целевое назначение: изучение особенностей строения эвдиалитового комплекса, особенностей распределения эвдиалитовых и эвдиалит-лопаритовых руд в его пределах, локализация рудных зон с эвдиалитовыми, эвдиалит-лопаритовыми рудами; оценка прогнозных ресурсов редких металлов по категории P_2 :эвдиалитовых руд — 925 млн т, эвдиалит-лопаритовых руд — 24 млн т. Разработка технологической схемы их переработки.

ПРОГНОЗНО-МИНЕРАГЕНИЧЕСКИЕ РАБОТЫ НА РЕДКИЕ МЕТАЛЛЫ В ПРЕДЕЛАХ ЛОВОЗЕРСКОГО МАССИВА МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

ВИМС

Эвдиалитовые руды (Госбаланс)

Категория	Запасы руды, тыс. т	ZrO_2, %	ZrO_2, тыс.т
C1 с ошибкой	56 836.0	12.8	7 275.00
C1 переоценка	**56 836.0**	**2.4**	**1 364.10**

Эвдиалитовые руды (Авторские)

Категория	Запасы руды, тыс. т	Содержание, %					Запасы металлов, тыс.т				
		эвдиалит	ZrO_2	Pr	Nd	Dy	эвдиалит	ZrO_2	Pr	Nd	Dy
Всего C1+C2	577 634.1	16.48	2.4	0.010	0.044	0.014	95 210.60	13 839.40	59.03	253.26	79.97

Категория	Запасы руды, тыс. т	Содержание, %				Запасы металлов, тыс.т			
		TiO2	Nb2O5	∑TR2O3	Ta2O5	TiO2	Nb2O5	∑TR2O3	Ta2O5
Всего C1+C2	16 783.8	1.30	0.40	1.06	0.03	218.08	66.69	177.63	4.79

Категория	Запасы руды, тыс. т	Содержание, %				Запасы металлов, тыс.т			
		TiO2	Nb2O5	∑TR2O3	Ta2O5	TiO2	Nb2O5	∑TR2O3	Ta2O5
Всего C1+C2	80 143.0	1.44	0.30	1.21	0.02	1 156.92	240.06	968.87	16.96

Эвдиалитовые руды (Госбаланс + Авторские)

ПРОГНОЗНО-МИНЕРАГЕНИЧЕСКИЕ РАБОТЫ НА РЕДКИЕ МЕТАЛЛЫ В ПРЕДЕЛАХ ЛОВОЗЕРСКОГО МАССИВА МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Схематичная сводная колонка комплекса эвдиалитовых луявритов (**КЭЛ**). ***Красным цветом*** показана часть разреза, в которой чаще встречаются эвдиалитовые руды, ***синим контуром*** показана часть разреза, в которой локализуются эвдиалит-лопаритовые руды (порфировидные ювиты).

Пример богатого прослоя в эвдиалитовых луявритах

ПРОГНОЗНО-МИНЕРАГЕНИЧЕСКИЕ РАБОТЫ НА РЕДКИЕ МЕТАЛЛЫ В ПРЕДЕЛАХ ЛОВОЗЕРСКОГО МАССИВА МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

ВИМС

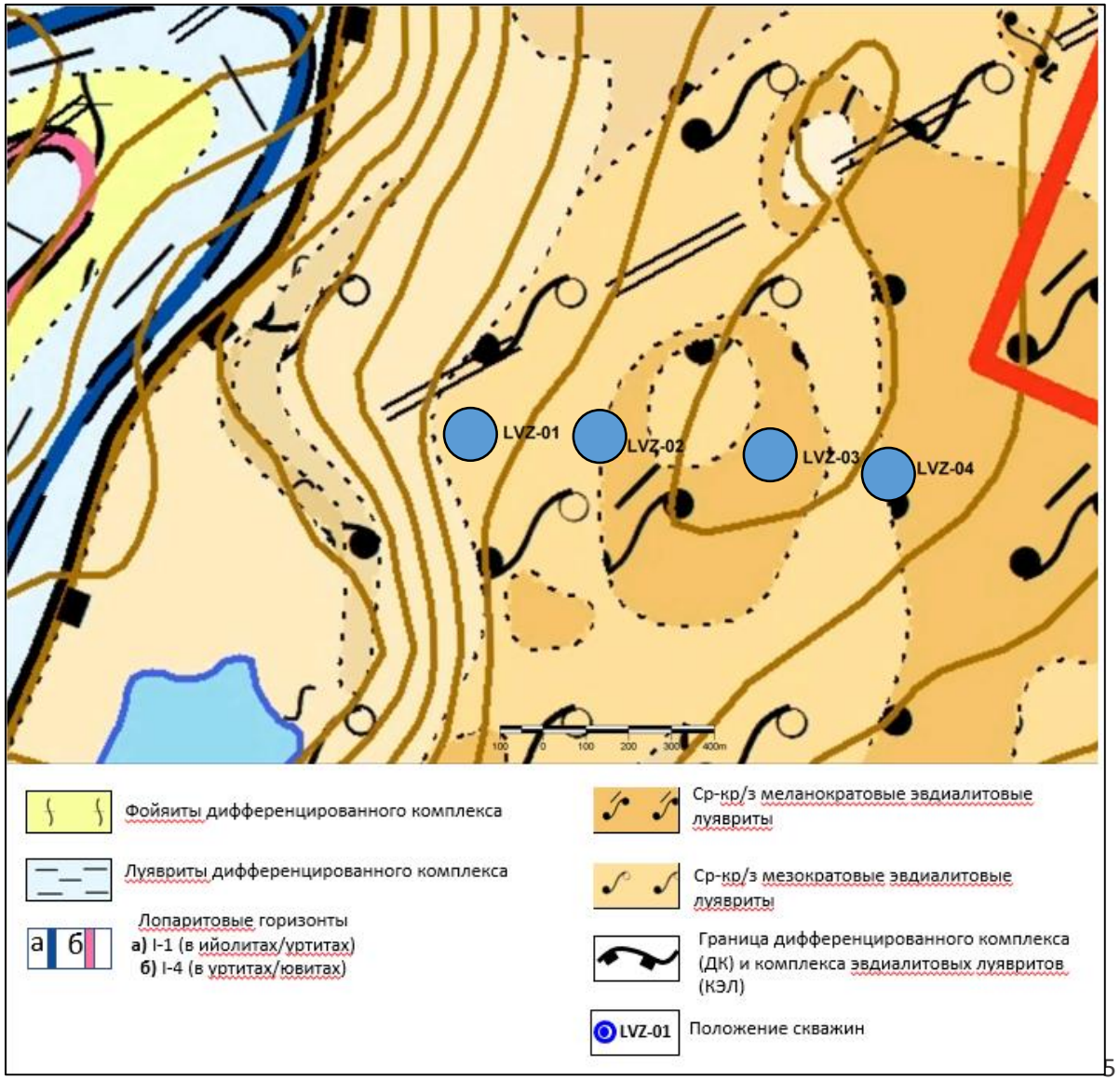
Оптико-петрографические исследования пород комплекса:

- в нижней части разреза комплекса характерны прослои эвдиалитовых луявритов с содержаниями эвдиалита от 5–7 до 10 %, богатые разности (15–20 %) встречаются редко;
- при переходе к средним и верхним частям разреза содержания эвдиалита — 10–15 %, часто отмечаются богатые прослои с содержаниями 15–20 % (до больше 25 %).

Микрозондовые исследования (РСМА). Установлено содержание Zr (%) в эвдиалите: для эвдиалитовых луявритов — 10,1 % (13,64 ZrO2%), для порфировидных луявритов — 11,6 (15,67 ZrO2%) %. Эвдиалит часто замещается катаплеитом, обогащённым цирконием (Zr 11–14 %).

Пройдено 4 скважины для изучения комплекса эвдиалитовых луявритов и положения в разрезе эвдиалитовых и эвдиалитово-лопаритовых руд. Общий объем бурения - 1372 пог. м. Выполнен ГИС, комплекс опробования

- подтверждено наличие богатой эвдиалитовой минерализации в верхних частях разреза комплекса эвдиалитовых луявритов
- мощность комплекса эвдиалитовых руд, в целом, подтверждается
- **в скв. LVZ-03 на глубине м вскрыты эвдиалит-лопаритовые руды мощностью 3 м.**



ПРОГНОЗНО-МИНЕРАГЕНИЧЕСКИЕ РАБОТЫ НА РЕДКИЕ МЕТАЛЛЫ В ПРЕДЕЛАХ ЛОВОЗЕРСКОГО МАССИВА МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

ВИМС

ЛТП-1 (эвдиалитовые руды)

Компонент/элемент	Содержание, %	Компонент/элемент	Содержание, %
TiO_2	2,32	Sm_2O_3	0,016
SiO_2	55,84	Eu_2O_3	0,0044
Al_2O_3	14,68	Gd_2O_3	0,014
Fe2O3общ	9,17	Tb_2O_3	0,0021
$MnO_{общ}$	0,56	Dy_2O_3	0,014
Na_2O	9,55	Ho_2O_3	0,0033
K_2O	5,18	Er_2O_3	0,0086
SrO	0,38	Tm_2O_3	0,0010
BaO	0,062	Yb_2O_3	0,0071
Sc_2O_3	<0,005	Lu_2O_3	0,001
Y_2O_3	0,084	Nb_2O_5	0,21
La_2O_3	0,11	Ta_2O_5	0,012
CeO_2	0,24	ZrO_2	1,68
PrO_2	0,027	Th	0,011
Nd_2O_3	0,071	U	0,0022
TR_2O_3	0,5		

Минерал	Масс.доля, %
Калиевый полевой шпат	34
Нефелин	16
Пироксен	15
Эвдиалит	11
Плагиоклаз	7,5
Рихтерит	7
Натролит	6
Апатит	1
Пирит	0,5
Прочие: лампрофиллит, манганоильменит, пирротин, титанит, рамзаит? (лоренценит), сфалерит, лопарит	2
Сумма	100

МТП-1 (эвдиалит-лопаритовые руды)

Компонент/элемент	Содержание, %	Компонент/элемент	Содержание, %
TiO_2	1,05	Sm_2O_3	0,016
SiO_2	48,2	Eu_2O_3	0,0034
Al_2O_3	18,65	Gd_2O_3	0,0089
Fe2O3общ	4,66	Tb_2O_3	0,0014
$MnO_{общ}$	0,2	Dy_2O_3	0,0082
Na_2O	10,55	Ho_2O_3	0,0017
K_2O	4,68	Er_2O_3	0,0043
SrO	0,28	Tm_2O_3	0,00071
BaO	0,06	Yb_2O_3	0,0039
Sc_2O_3	<0,007	Lu_2O_3	0,00058
Y_2O_3	0,039	Nb_2O_5	0,35
La_2O_3	0,23	Ta_2O_5	0,025
CeO_2	0,48	ZrO_2	0,88
PrO_2	0,048	Th	0,021
Nd_2O_3	0,12	U	0,0011
TR_2O_3	0,9647		

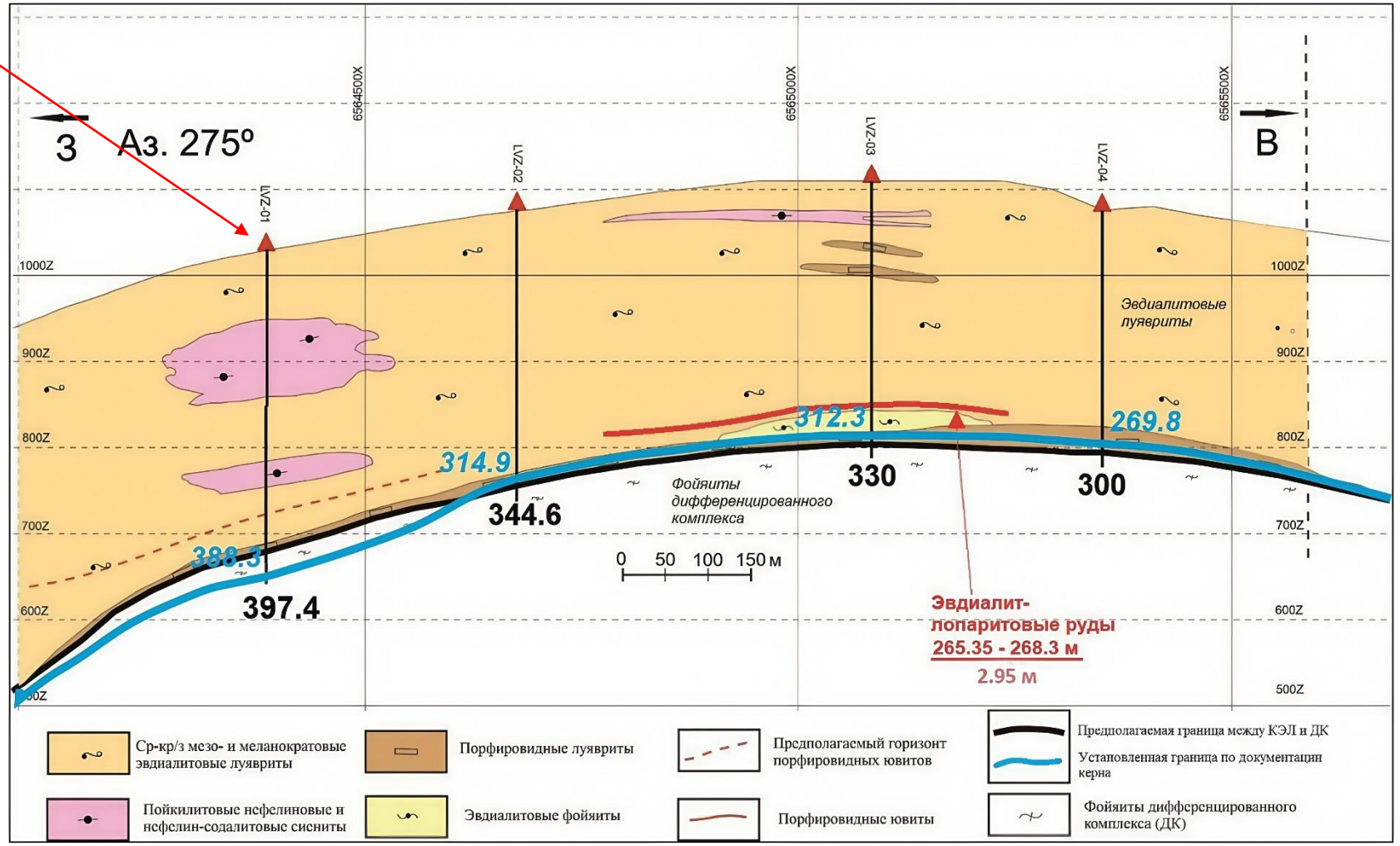
Минерал	Масс.доля, %
Нефелин	28
Калиевый полевой шпат	20,5
Плагиоклаз	19
Эгирин	11
Авгит	7
Эпидот	3
Лопарит	2,5
Эвдиалит	2
Содалит	2
Амфибол	1,5
Иллит	1,5
Апатит	1
Лампрофиллит	0,5
Прочие: манганоильменит, пирротин, титанит	0,5
Сумма	100

ПРОГНОЗНО-МИНЕРАГЕНИЧЕСКИЕ РАБОТЫ НА РЕДКИЕ МЕТАЛЛЫ В ПРЕДЕЛАХ ЛОВОЗЕРСКОГО МАССИВА МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

ВИМС

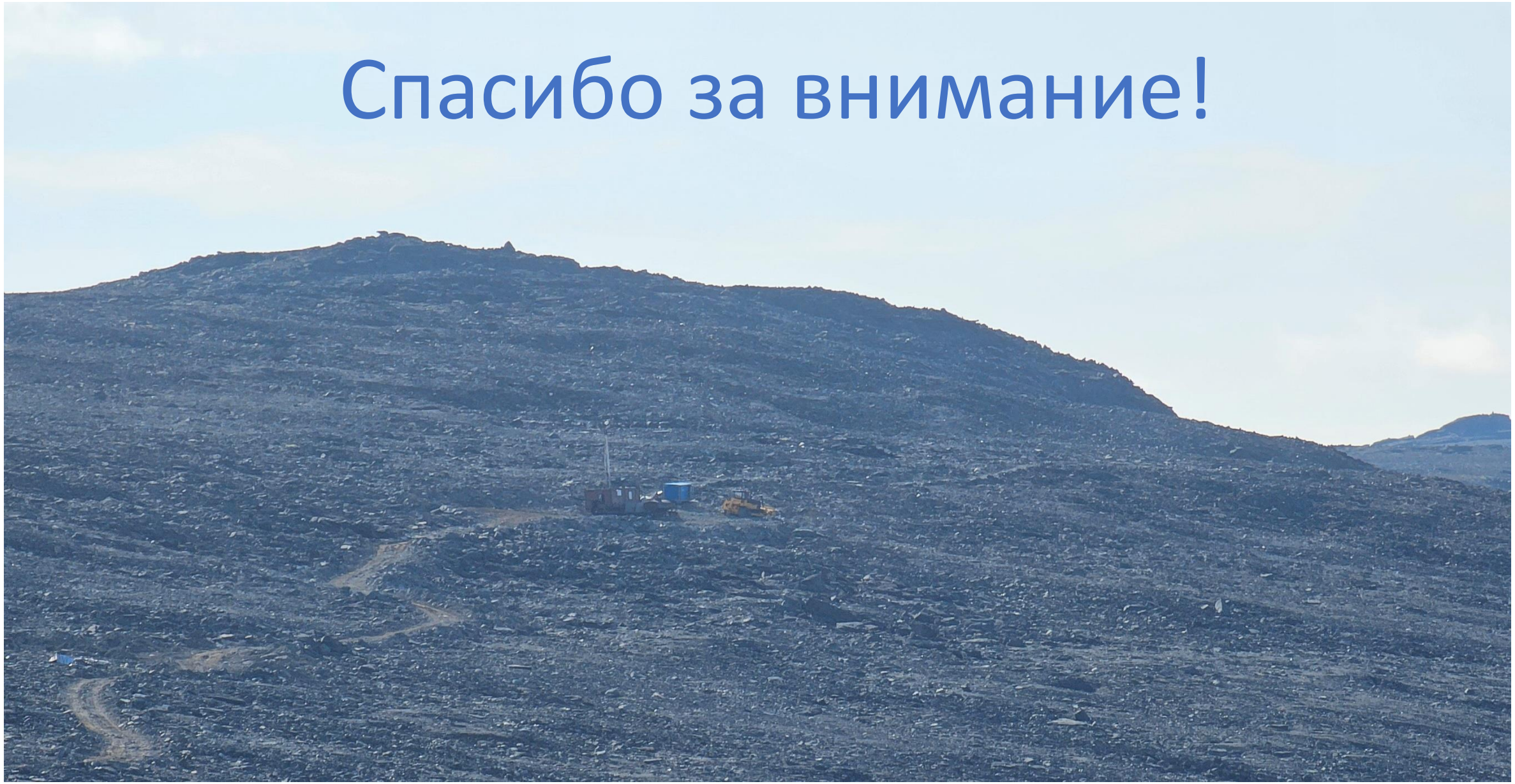
При бортовом ZrO2 – 1,8% в скважине LVZ-01 выделяется рудный интервал 0-74 м.

№ п/п	ПК	Содержание, %	Доля в составе РЗЭ, %	
1	ZrO2	2.14		
2	Nb2O5	0.160		
3	Ta2O5	0.0103		
4	La2O3	0.053	13.48	Легкие РЗЭ
5	CeO2	0.121	30.79	
6	Pr6O11	0.0148	3.77	
7	Nd2O3	0.0539	13.76	
8	Sm2O3	0.0152	3.88	Средние РЗЭ
9	Eu2O3	0.0048	1.22	
10	Gd2O3	0.0140	3.57	
11	Tb4O7	0.0026	0.67	
12	Dy2O3	0.0151	3.86	
13	Ho2O3	0.0030	0.76	
14	Er2O3	0.0083	2.12	Тяжелые РЗЭ
15	Tm2O3	0.00116	0.30	
16	Yb2O3	0.0065	1.66	
17	Lu2O3	0.00091	0.23	
18	Y2O3	0.078	19.93	
Сумма РЗЭ		0.39156		
Легкие		61.80		
Средние		13.96		
Тяжелые		24.23		



ПРОГНОЗНО-МИНЕРАГЕНИЧЕСКИЕ РАБОТЫ НА РЕДКИЕ МЕТАЛЛЫ В ПРЕДЕЛАХ ЛОВОЗЕРСКОГО МАССИВА МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

ВИМС

Стоимость, $/кг	Компонент	Цена РЗЭ в лопаритовом конц., 1 т	4190.0		Цена РЗЭ в эвд. конц., 1 т.	955.4				
		лопаритовые руды, 1 т			**эвдиалитовые руды, 1 т**			**руда Томтора, 1 т**		
21.11.2025		Весовая доля, %	Сод-е, %	Стоимость, $	Весовая доля, %	Сод-е, %	Стоимость, $	Весовая доля, %	Сод-е, %	Стоимость, $
0.63	Лантан (La2O3)	28	0.3633	2.3	13.48	0.053	0.3	23.52	2.2344	14.0
1.63	Церий (CeO2)	57.5	0.7461	12.2	30.79	0.121	2.0	47.7	4.5315	73.8
83.60	**Празеодим (Pr6O11)**	3.8	0.0493	41.2	3.77	0.0148	12.3	4.51	0.4285	358.2
82.19	**Неодим (Nd2O3)**	8.8	0.1142	93.8	13.76	0.0539	44.3	14.3	1.3585	1116.5
2.12	Самарий (Sm2O3)	0.96	0.0125	0.3	3.88	0.0152	0.3	1.63	0.1549	3.3
24.48	Европий (Eu2O3)	0.13	0.0017	0.4	1.22	0.0048	1.2	0.57	0.0542	13.3
22.50	**Гадолиний (Gd2O3)**	0.21	0.0027	0.6	3.57	0.0140	3.2	1.42	0.1349	30.4
924.16	**Тербий (Tb4O7)**	0.07	0.0009	8.4	0.67	0.0026	24.1	0.22	0.0209	193.1
208.82	**Диспрозий (Dy2O3)**	0.09	0.0012	2.4	3.86	0.0151	31.6	1.01	0.0960	200.4
69.49	**Гольмий (Ho2O3)**	0.03	0.00039	0.3	0.76	0.0030	2.1	0.18	0.0171	11.9
49.45	Эрбий (Er2O3)	0.07	0.00091	0.4	2.12	0.0083	4.1	0.38	0.0361	17.9
120.00	Тулий (Tm2O3)*	0	0	0.0	0.30	0.00116	1.4	0.07	0.0067	8.0
13.26	Иттербий (Yb2O3)	0.29	0.00376	0.5	1.66	0.0065	0.9	0.23	0.0219	2.9
740.74	Лютеций (Lu2O3)	0.05	0.00065	4.8	0.23	0.00091	6.7	0.05	0.0048	35.2
6.35	Иттрий (Y2O3)	0	0.0000	0.00	19.93	0.078	5.0	4.21	0.4000	25.4
	Сумма РЗЭ		1.2975	167.6		0.392	139.3		9.5	2104.2
*Тулий не представлен на бирже. Приведены усредненные значения от китайских поставщиков. Разброс от 60 до 270$ за кг.										

ВИМС