

# Environmental Aspects of Potash Mining

Subjects: [Environmental Sciences](#)

Contributor: Evgeniya Ushakova , Anna Perevoshchikova , Elena Menshikova , Elena Khayrulina , Roman Perevoshchikov , Pavel Belkin

Verkhnekamskoe potash deposit. The deposit is located in the central part of the Solikamsk depression in the Pre-Ural foredeep (Perm Krai, Russia). All the main features and problems of underground mining of water-soluble ores and potassium fertilizer production are considered using the example of one of the world's largest potash deposits.

potash

potash waste

solid and liquid waste

## 1. Introduction

Potassium is an essential macronutrient for plant growth and development. Along with nitrogen and phosphorus, it is one of the most important elements of plant mineral nutrition that increases biological productivity [\[1\]](#)[\[2\]](#). Modern agricultural production is heavily reliant on the quantity and quality of chemical fertilizers required to boost grain and horticultural yields in order to feed the majority of the world's population [\[3\]](#)[\[4\]](#). Potash production has increased by 9% in the last decade, owing to increased demand in Southeast Asia [\[5\]](#). Global potash production expanded due to increased production in China, Canada, Russia, and Belarus. At the same time, the increase in potash production capacity in China is linked to the need to meet domestic demand [\[6\]](#). **Table 1** shows data on global potash production and reserves for 2020–2021 [\[7\]](#).

**Table 1.** World potash mine production and reserves in thousand tons of K<sub>2</sub>O equivalent [\[7\]](#).

	<b>Mine Production</b> <b>2011</b>	<b>2021 *</b>	<b>Reserves</b>
Belarus	5500	8000	750,000
Brazil	454	210	2300
Canada	11,000	14,000	1,100,000
Chile	980	900	100,000
China	3700	6000	350,000
Germany	3010	2300	150,000
Israel	1960	2300	** Large
Jordan	1380	1600	** Large

	Mine Production		Reserves
	2011	2021 *	
Laos	-	300	75,000
Russia	6500	9000	400,000
Spain	420	400	68,000
United States	1000	480	220,000
Other countries	-	370	300,000
World total (rounded)	36,400	46,000	>3,500,000

[\[8\]](#)[\[9\]](#) [\[10\]](#) [\[11\]](#)[\[12\]](#)[\[13\]](#) [\[14\]](#)[\[15\]](#)[\[16\]](#) [\[17\]](#)[\[18\]](#) [\[19\]](#)[\[20\]](#) [\[21\]](#)[\[22\]](#) [\[23\]](#)[\[24\]](#)[\[25\]](#) [\[26\]](#)[\[27\]](#) [\[28\]](#)[\[29\]](#)[\[30\]](#) [\[31\]](#)[\[32\]](#) [\[33\]](#)[\[34\]](#) [\[35\]](#)[\[36\]](#) [\[37\]](#)[\[38\]](#) [\[39\]](#)[\[40\]](#) [\[41\]](#)[\[42\]](#) [\[43\]](#)[\[44\]](#) [\[45\]](#)[\[46\]](#) [\[47\]](#)[\[48\]](#) [\[49\]](#)[\[50\]](#) [\[51\]](#)[\[52\]](#) [\[53\]](#)[\[54\]](#) [\[55\]](#)[\[56\]](#) [\[57\]](#)[\[58\]](#) [\[59\]](#)[\[60\]](#) [\[61\]](#)[\[62\]](#) [\[63\]](#)[\[64\]](#) [\[65\]](#)[\[66\]](#) [\[67\]](#)[\[68\]](#) [\[69\]](#)[\[70\]](#) [\[71\]](#)[\[72\]](#) [\[73\]](#)[\[74\]](#) [\[75\]](#)[\[76\]](#) [\[77\]](#)[\[78\]](#) [\[79\]](#)[\[80\]](#) [\[81\]](#)[\[82\]](#) [\[83\]](#)[\[84\]](#) [\[85\]](#)[\[86\]](#) [\[87\]](#)[\[88\]](#) [\[89\]](#)[\[90\]](#) [\[91\]](#)[\[92\]](#) [\[93\]](#)[\[94\]](#) [\[95\]](#)[\[96\]](#) [\[97\]](#)[\[98\]](#) [\[99\]](#)[\[100\]](#) [\[101\]](#)[\[102\]](#) [\[103\]](#)[\[104\]](#) [\[105\]](#)[\[106\]](#) [\[107\]](#)[\[108\]](#) [\[109\]](#)[\[110\]](#) [\[111\]](#)[\[112\]](#) [\[113\]](#)[\[114\]](#) [\[115\]](#)[\[116\]](#) [\[117\]](#)[\[118\]](#) [\[119\]](#)[\[120\]](#) [\[121\]](#)[\[122\]](#) [\[123\]](#)[\[124\]](#) [\[125\]](#)[\[126\]](#) [\[127\]](#)[\[128\]](#) [\[129\]](#)[\[130\]](#) [\[131\]](#)[\[132\]](#) [\[133\]](#)[\[134\]](#) [\[135\]](#)[\[136\]](#) [\[137\]](#)[\[138\]](#) [\[139\]](#)[\[140\]](#) [\[141\]](#)[\[142\]](#) [\[143\]](#)[\[144\]](#) [\[145\]](#)[\[146\]](#) [\[147\]](#)[\[148\]](#) [\[149\]](#)[\[150\]](#) [\[151\]](#)[\[152\]](#) [\[153\]](#)[\[154\]](#) [\[155\]](#)[\[156\]](#) [\[157\]](#)[\[158\]](#) [\[159\]](#)[\[160\]](#) [\[161\]](#)[\[162\]](#) [\[163\]](#)[\[164\]](#) [\[165\]](#)[\[166\]](#) [\[167\]](#)[\[168\]](#) [\[169\]](#)[\[170\]](#) [\[171\]](#)[\[172\]](#) [\[173\]](#)[\[174\]](#) [\[175\]](#)[\[176\]](#) [\[177\]](#)[\[178\]](#) [\[179\]](#)[\[180\]](#) [\[181\]](#)[\[182\]](#) [\[183\]](#)[\[184\]](#) [\[185\]](#)[\[186\]](#) [\[187\]](#)[\[188\]](#) [\[189\]](#)[\[190\]](#) [\[191\]](#)[\[192\]](#) [\[193\]](#)[\[194\]](#) [\[195\]](#)[\[196\]](#) [\[197\]](#)[\[198\]](#) [\[199\]](#)[\[200\]](#) [\[201\]](#)[\[202\]](#) [\[203\]](#)[\[204\]](#) [\[205\]](#)[\[206\]](#) [\[207\]](#)[\[208\]](#) [\[209\]](#)[\[210\]](#) [\[211\]](#)[\[212\]](#) [\[213\]](#)[\[214\]](#) [\[215\]](#)[\[216\]](#) [\[217\]](#)[\[218\]](#) [\[219\]](#)[\[220\]](#) [\[221\]](#)[\[222\]](#) [\[223\]](#)[\[224\]](#) [\[225\]](#)[\[226\]](#) [\[227\]](#)[\[228\]](#) [\[229\]](#)[\[230\]](#) [\[231\]](#)[\[232\]](#) [\[233\]](#)[\[234\]](#) [\[235\]](#)[\[236\]](#) [\[237\]](#)[\[238\]](#) [\[239\]](#)[\[240\]](#) [\[241\]](#)[\[242\]](#) [\[243\]](#)[\[244\]](#) [\[245\]](#)[\[246\]](#) [\[247\]](#)[\[248\]](#) [\[249\]](#)[\[250\]](#) [\[251\]](#)[\[252\]](#) [\[253\]](#)[\[254\]](#) [\[255\]](#)[\[256\]](#) [\[257\]](#)[\[258\]](#) [\[259\]](#)[\[260\]](#) [\[261\]](#)[\[262\]](#) [\[263\]](#)[\[264\]](#) [\[265\]](#)[\[266\]](#) [\[267\]](#)[\[268\]](#) [\[269\]](#)[\[270\]](#) [\[271\]](#)[\[272\]](#) [\[273\]](#)[\[274\]](#) [\[275\]](#)[\[276\]](#) [\[277\]](#)[\[278\]](#) [\[279\]](#)[\[280\]](#) [\[281\]](#)[\[282\]](#) [\[283\]](#)[\[284\]](#) [\[285\]](#)[\[286\]](#) [\[287\]](#)[\[288\]](#) [\[289\]](#)[\[290\]](#) [\[291\]](#)[\[292\]](#) [\[293\]](#)[\[294\]](#) [\[295\]](#)[\[296\]](#) [\[297\]](#)[\[298\]](#) [\[299\]](#)[\[300\]](#) [\[301\]](#)[\[302\]](#) [\[303\]](#)[\[304\]](#) [\[305\]](#)[\[306\]](#) [\[307\]](#)[\[308\]](#) [\[309\]](#)[\[310\]](#) [\[311\]](#)[\[312\]](#) [\[313\]](#)[\[314\]](#) [\[315\]](#)[\[316\]](#) [\[317\]](#)[\[318\]](#) [\[319\]](#)[\[320\]](#) [\[321\]](#)[\[322\]](#) [\[323\]](#)[\[324\]](#) [\[325\]](#)[\[326\]](#) [\[327\]](#)[\[328\]](#) [\[329\]](#)[\[330\]](#) [\[331\]](#)[\[332\]](#) [\[333\]](#)[\[334\]](#) [\[335\]](#)[\[336\]](#) [\[337\]](#)[\[338\]](#) [\[339\]](#)[\[340\]](#) [\[341\]](#)[\[342\]](#) [\[343\]](#)[\[344\]](#) [\[345\]](#)[\[346\]](#) [\[347\]](#)[\[348\]](#) [\[349\]](#)[\[350\]](#) [\[351\]](#)[\[352\]](#) [\[353\]](#)[\[354\]](#) [\[355\]](#)[\[356\]](#) [\[357\]](#)[\[358\]](#) [\[359\]](#)[\[360\]](#) [\[361\]](#)[\[362\]](#) [\[363\]](#)[\[364\]](#) [\[365\]](#)[\[366\]](#) [\[367\]](#)[\[368\]](#) [\[369\]](#)[\[370\]](#) [\[371\]](#)[\[372\]](#) [\[373\]](#)[\[374\]](#) [\[375\]](#)[\[376\]](#) [\[377\]](#)[\[378\]](#) [\[379\]](#)[\[380\]](#) [\[381\]](#)[\[382\]](#) [\[383\]](#)[\[384\]](#) [\[385\]](#)[\[386\]](#) [\[387\]](#)[\[388\]](#) [\[389\]](#)[\[390\]](#) [\[391\]](#)[\[392\]](#) [\[393\]](#)[\[394\]](#) [\[395\]](#)[\[396\]](#) [\[397\]](#)[\[398\]](#) [\[399\]](#)[\[400\]](#) [\[401\]](#)[\[402\]](#) [\[403\]](#)[\[404\]](#) [\[405\]](#)[\[406\]](#) [\[407\]](#)[\[408\]](#) [\[409\]](#)[\[410\]](#) [\[411\]](#)[\[412\]](#) [\[413\]](#)[\[414\]](#) [\[415\]](#)[\[416\]](#) [\[417\]](#)[\[418\]](#) [\[419\]](#)[\[420\]](#) [\[421\]](#)[\[422\]](#) [\[423\]](#)[\[424\]](#) [\[425\]](#)[\[426\]](#) [\[427\]](#)[\[428\]](#) [\[429\]](#)[\[430\]](#) [\[431\]](#)[\[432\]](#) [\[433\]](#)[\[434\]](#) [\[435\]](#)[\[436\]](#) [\[437\]](#)[\[438\]](#) [\[439\]](#)[\[440\]](#) [\[441\]](#)[\[442\]](#) [\[443\]](#)[\[444\]](#) [\[445\]](#)[\[446\]](#) [\[447\]](#)[\[448\]](#) [\[449\]](#)[\[450\]](#) [\[451\]](#)[\[452\]](#) [\[453\]](#)[\[454\]](#) [\[455\]](#)[\[456\]](#) [\[457\]](#)[\[458\]](#) [\[459\]](#)[\[460\]](#) [\[461\]](#)[\[462\]](#) [\[463\]](#)[\[464\]](#) [\[465\]](#)[\[466\]](#) [\[467\]](#)[\[468\]](#) [\[469\]](#)[\[470\]](#) [\[471\]](#)[\[472\]](#) [\[473\]](#)[\[474\]](#) [\[475\]](#)[\[476\]](#) [\[477\]](#)[\[478\]](#) [\[479\]](#)[\[480\]](#) [\[481\]](#)[\[482\]](#) [\[483\]](#)[\[484\]](#) [\[485\]](#)[\[486\]](#) [\[487\]](#)[\[488\]](#) [\[489\]](#)[\[490\]](#) [\[491\]](#)[\[492\]](#) [\[493\]](#)[\[494\]](#) [\[495\]](#)[\[496\]](#) [\[497\]](#)[\[498\]](#) [\[499\]](#)[\[500\]](#) [\[501\]](#)[\[502\]](#) [\[503\]](#)[\[504\]](#) [\[505\]](#)[\[506\]](#) [\[507\]](#)[\[508\]](#) [\[509\]](#)[\[510\]](#) [\[511\]](#)[\[512\]](#) [\[513\]](#)[\[514\]](#) [\[515\]](#)[\[516\]](#) [\[517\]](#)[\[518\]](#) [\[519\]](#)[\[520\]](#) [\[521\]](#)[\[522\]](#) [\[523\]](#)[\[524\]](#) [\[525\]](#)[\[526\]](#) [\[527\]](#)[\[528\]](#) [\[529\]](#)[\[530\]](#) [\[531\]](#)[\[532\]](#) [\[533\]](#)[\[534\]](#) [\[535\]](#)[\[536\]](#) [\[537\]](#)[\[538\]](#) [\[539\]](#)[\[540\]](#) [\[541\]](#)[\[542\]](#) [\[543\]](#)[\[544\]](#) [\[545\]](#)[\[546\]](#) [\[547\]](#)[\[548\]](#) [\[549\]](#)[\[550\]](#) [\[551\]](#)[\[552\]](#) [\[553\]](#)[\[554\]](#) [\[555\]](#)[\[556\]](#) [\[557\]](#)[\[558\]](#) [\[559\]](#)[\[560\]](#) [\[561\]](#)[\[562\]](#) [\[563\]](#)[\[564\]](#) [\[565\]](#)[\[566\]](#) [\[567\]](#)[\[568\]](#) [\[569\]](#)[\[570\]](#) [\[571\]](#)[\[572\]](#) [\[573\]](#)[\[574\]](#) [\[575\]](#)[\[576\]](#) [\[577\]](#)[\[578\]](#) [\[579\]](#)[\[580\]](#) [\[581\]](#)[\[582\]](#) [\[583\]](#)[\[584\]](#) [\[585\]](#)[\[586\]](#) [\[587\]](#)[\[588\]](#) [\[589\]](#)[\[590\]](#) [\[591\]](#)[\[592\]](#) [\[593\]](#)[\[594\]](#) [\[595\]](#)[\[596\]](#) [\[597\]](#)[\[598\]](#) [\[599\]](#)[\[600\]](#) [\[601\]](#)[\[602\]](#) [\[603\]](#)[\[604\]](#) [\[605\]](#)[\[606\]](#) [\[607\]](#)[\[608\]](#) [\[609\]](#)[\[610\]](#) [\[611\]](#)[\[612\]](#) [\[613\]](#)[\[614\]](#) [\[615\]](#)[\[616\]](#) [\[617\]](#)[\[618\]](#) [\[619\]](#)[\[620\]](#) [\[621\]](#)[\[622\]](#) [\[623\]](#)[\[624\]](#) [\[625\]](#)[\[626\]](#) [\[627\]](#)[\[628\]](#) [\[629\]](#)[\[630\]](#) [\[631\]](#)[\[632\]](#) [\[633\]](#)[\[634\]](#) [\[635\]](#)[\[636\]](#) [\[637\]](#)[\[638\]](#) [\[639\]](#)[\[640\]](#) [\[641\]](#)[\[642\]](#) [\[643\]](#)[\[644\]](#) [\[645\]](#)[\[646\]](#) [\[647\]](#)[\[648\]](#) [\[649\]](#)[\[650\]](#) [\[651\]](#)[\[652\]](#) [\[653\]](#)[\[654\]](#) [\[655\]](#)[\[656\]](#) [\[657\]](#)[\[658\]](#) [\[659\]](#)[\[660\]](#) [\[661\]](#)[\[662\]](#) [\[663\]](#)[\[664\]](#) [\[665\]](#)[\[666\]](#) [\[667\]](#)[\[668\]](#) [\[669\]](#)[\[670\]](#) [\[671\]](#)[\[672\]](#) [\[673\]](#)[\[674\]](#) [\[675\]](#)[\[676\]](#) [\[677\]](#)[\[678\]](#) [\[679\]](#)[\[680\]](#) [\[681\]](#)[\[682\]](#) [\[683\]](#)[\[684\]](#) [\[685\]](#)[\[686\]](#) [\[687\]](#)[\[688\]](#) [\[689\]](#)[\[690\]](#) [\[691\]](#)[\[692\]](#) [\[693\]](#)[\[694\]](#) [\[695\]](#)[\[696\]](#) [\[697\]](#)[\[698\]](#) [\[699\]](#)[\[700\]](#) [\[701\]](#)[\[702\]](#) [\[703\]](#)[\[704\]](#) [\[705\]](#)[\[706\]](#) [\[707\]](#)[\[708\]](#) [\[709\]](#)[\[710\]](#) [\[711\]](#)[\[712\]](#) [\[713\]](#)[\[714\]](#) [\[715\]](#)[\[716\]](#) [\[717\]](#)[\[718\]](#) [\[719\]](#)[\[720\]](#) [\[721\]](#)[\[722\]](#) [\[723\]](#)[\[724\]](#) [\[725\]](#)[\[726\]](#) [\[727\]](#)[\[728\]](#) [\[729\]](#)[\[730\]](#) [\[731\]](#)[\[732\]](#) [\[733\]](#)[\[734\]](#) [\[735\]](#)[\[736\]](#) [\[737\]](#)[\[738\]](#) [\[739\]](#)[\[740\]](#) [\[741\]](#)[\[742\]](#) [\[743\]](#)[\[744\]](#) [\[745\]](#)[\[746\]](#) [\[747\]](#)[\[748\]](#) [\[749\]](#)[\[750\]](#) [\[751\]](#)[\[752\]](#) [\[753\]](#)[\[754\]](#) [\[755\]](#)[\[756\]](#) [\[757\]](#)[\[758\]](#) [\[759\]](#)[\[760\]](#) [\[761\]](#)[\[762\]](#) [\[763\]](#)[\[764\]](#) [\[765\]](#)[\[766\]](#) [\[767\]](#)[\[768\]](#) [\[769\]](#)[\[770\]](#) [\[771\]](#)[\[772\]](#) [\[773\]](#)[\[774\]](#) [\[775\]](#)[\[776\]](#) [\[777\]](#)[\[778\]](#) [\[779\]](#)[\[780\]](#) [\[781\]](#)[\[782\]](#) [\[783\]](#)[\[784\]](#) [\[785\]](#)[\[786\]](#) [\[787\]](#)[\[788\]](#) [\[789\]](#)[\[790\]](#) [\[791\]](#)[\[792\]](#) [\[793\]](#)[\[794\]](#) [\[795\]](#)[\[796\]](#) [\[797\]](#)[\[798\]](#) [\[799\]](#)[\[800\]](#) [\[801\]](#)[\[802\]](#) [\[803\]](#)[\[804\]](#) [\[805\]](#)[\[806\]](#) [\[807\]](#)[\[808\]](#) [\[809\]](#)[\[810\]](#) [\[811\]](#)[\[812\]](#) [\[813\]](#)[\[814\]](#) [\[815\]](#)[\[816\]](#) [\[817\]](#)[\[818\]](#) [\[819\]](#)[\[820\]](#) [\[821\]](#)[\[822\]](#) [\[823\]](#)[\[824\]](#) [\[825\]](#)[\[826\]](#) [\[827\]](#)[\[828\]](#) [\[829\]](#)[\[830\]](#) [\[831\]](#)[\[832\]](#) [\[833\]](#)[\[834\]](#) [\[835\]](#)[\[836\]](#) [\[837\]](#)[\[838\]](#) [\[839\]](#)[\[840\]](#) [\[841\]](#)[\[842\]](#) [\[843\]](#)[\[844\]](#) [\[845\]](#)[\[846\]](#) [\[847\]](#)[\[848\]](#) [\[849\]](#)[\[850\]](#) [\[851\]](#)[\[852\]](#) [\[853\]](#)[\[854\]](#) [\[855\]](#)[\[856\]](#) [\[857\]](#)[\[858\]](#) [\[859\]](#)[\[860\]](#) [\[861\]](#)[\[862\]](#) [\[863\]](#)[\[864\]](#) [\[865\]](#)[\[866\]](#) [\[867\]](#)[\[868\]](#) [\[869\]](#)[\[870\]](#) [\[871\]](#)[\[872\]](#) [\[873\]](#)[\[874\]](#) [\[875\]](#)[\[876\]](#) [\[877\]](#)[\[878\]](#) [\[879\]](#)[\[880\]](#) [\[881\]](#)[\[882\]](#) [\[883\]](#)[\[884\]](#) [\[885\]](#)[\[886\]](#) [\[887\]](#)[\[888\]](#) [\[889\]](#)[\[890\]](#) [\[891\]](#)[\[892\]](#) [\[893\]](#)[\[894\]](#) [\[895\]](#)[\[896\]](#) [\[897\]](#)[\[898\]](#) [\[899\]](#)[\[900\]](#) [\[901\]](#)[\[902\]](#) [\[903\]](#)[\[904\]](#) [\[905\]](#)[\[906\]](#) [\[907\]](#)[\[908\]](#) [\[909\]](#)[\[910\]](#) [\[911\]](#)[\[912\]](#) [\[913\]](#)[\[914\]](#) [\[915\]](#)[\[916\]](#) [\[917\]](#)[\[918\]](#) [\[919\]](#)[\[920\]](#) [\[921\]](#)[\[922\]](#) [\[923\]](#)[\[924\]](#) [\[925\]](#)[\[926\]](#) [\[927\]](#)[\[928\]](#) [\[929\]](#)[\[930\]](#) [\[931\]](#)[\[932\]](#) [\[933\]](#)[\[934\]](#) [\[935\]](#)[\[936\]](#) [\[937\]](#)[\[938\]](#) [\[939\]](#)[\[940\]](#) [\[941\]](#)[\[942\]](#) [\[943\]](#)[\[944\]](#) [\[945\]](#)[\[946\]](#) [\[947\]](#)[\[948\]](#) [\[949\]](#)[\[950\]](#) [\[951\]](#)[\[952\]](#) [\[953\]](#)[\[954\]](#) [\[955\]](#)[\[956\]](#) [\[957\]](#)[\[958\]](#) [\[959\]](#)[\[960\]](#) [\[961\]](#)[\[962\]](#) [\[963\]](#)[\[964\]](#) [\[965\]](#)[\[966\]](#) [\[967\]](#)[\[968\]](#) [\[969\]](#)[\[970\]](#) [\[971\]](#)[\[972\]](#) [\[973\]](#)[\[974\]](#) [\[975\]](#)[\[976\]](#) [\[977\]](#)[\[978\]](#) [\[979\]](#)[\[980\]](#) [\[981\]](#)[\[982\]](#) [\[983\]](#)[\[984\]](#) [\[985\]](#)[\[986\]](#) [\[987\]](#)[\[988\]](#) [\[989\]](#)[\[990\]](#) [\[991\]](#)[\[992\]](#) [\[993\]](#)[\[994\]](#) [\[995\]](#)[\[996\]](#) [\[997\]](#)[\[998\]](#) [\[999\]](#)[\[1000\]](#)



**Figure 1.** Locations of potash deposits in Russia.

Potash mining activities cause severe environmental damage to the surrounding environment area [33][34]. The environmental, social, and economic problems associated with active and abandoned mines include the salinization of lands and freshwater ecosystems, ground subsidence, and the occurrence of halophyte vegetation in potash mining areas [35][36]. The impact of potash mining causes a decrease in species richness along with a decrease in the salinity gradient in freshwater ecosystems [37][38]. The direct disposal of brine into the river with extremely high chloride concentrations (up to 6 g/L) from potash mines affected aquatic fauna and caused biological degradation [39][40][41].

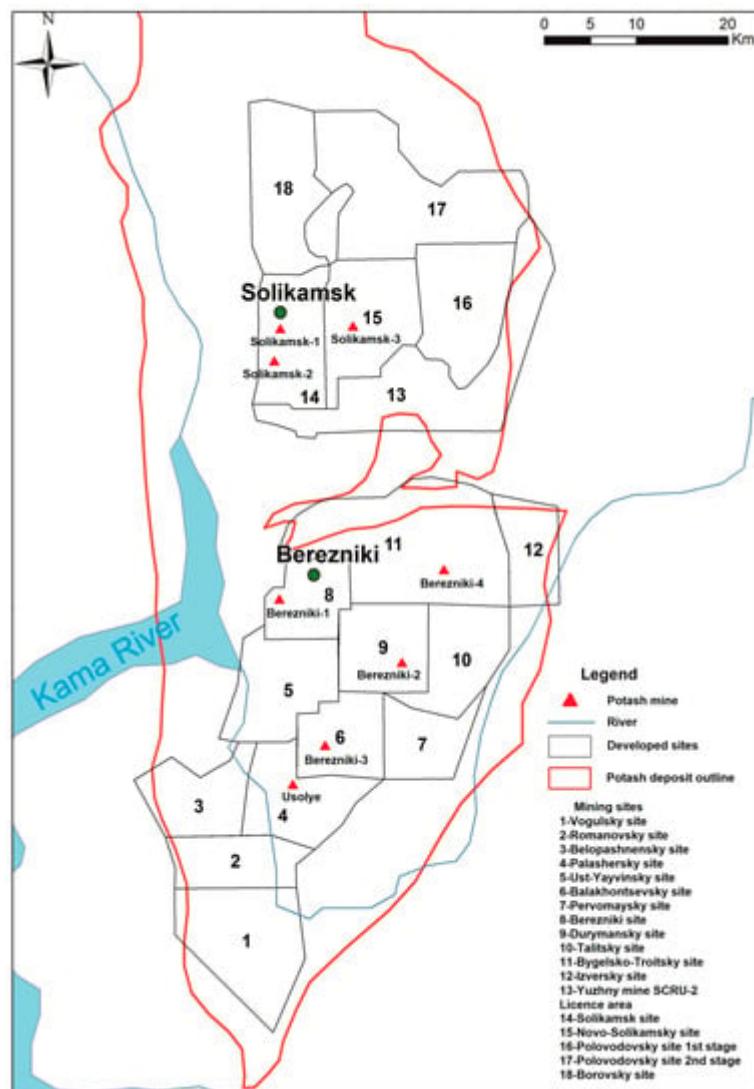
## 2. Characteristics of the Verkhnekamskoe Potash Deposit

The Verkhnekamskoe potash deposit is located in the Solikamsk depression, which is one of the largest negative tectonic structures in the Pre-Ural foredeep [42]. Potash mines are currently active in the northern part of Perm Krai (Russia), in Berezniki and Solikamsk. This deposit contains sylvinit (raw material for the production of potash fertilizers), carnallite rock (for the production of synthetic carnallite for the magnesium industry), and brines (raw material for the production of soda ash, energy, and so on) [43]. Potash ore mining at the Verkhnekamskoe deposit contributed greatly to the socioeconomic development of this region and the establishment of a chemical industry center in the Solikamsk-Berezniki industrial agglomeration [44].

The Verkhnekamskoe potash deposit is one of the largest in the world. This deposit has reserves of 96.4 billion tons of carnallite rock, 113.2 billion tons of sylvinites, and 4.65 trillion tons of rock salt [45]. In 1934, the Solikamsk potash plant became the first potash producer in the Soviet Union with the commissioning of an underground potash mine, which had an annual output of 3 million tons of sylvinit and 700 thousand tons of potassium chloride (95% KCl) [46]. Following the dissolution of the Soviet Union, the Verkhnekamskoe potash deposit was mined by

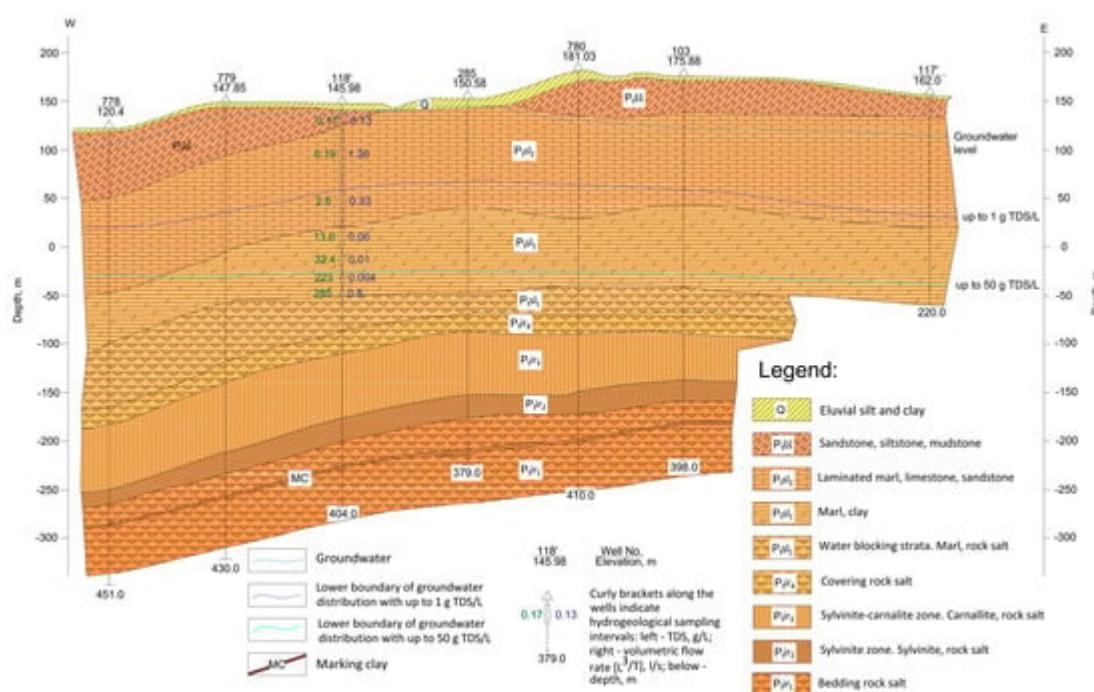
three companies: Uralkali, EuroChem, and Acron [47]. At the Verkhnekamskoe deposit, potash ore is mined using conventional mechanized underground mining methods at 300–465 m depths [48].

Potash ore mining at the Verkhnekamskoe Potash Deposit is distributed over 11 mining sites approved by ROSNEDRA (the Federal Subsoil Resources Management Agency). In Russia, such sites are referred to as “license sites”, which have official mining permits from the agency. Four of the mining sites are located in the central part of the deposit (Solikamsky, Novo-Solikamsky, Polovodovsky, and Borovsky), and the remaining seven mining sites are in the southern part (Berezниковsky, Duramansky, Balakhontsevsky, Bygelsko-Troitsky, Talitsky, Palashersky, and Ust-Yayvinsky) (Figure 2). There is also a small Yuzhno-Yurchuksky mining site in the southern part of the deposit (to the northwest of the Bygelsko-Troitsky site) [45][49]. Some of the active mines are located directly beneath the cities of Berezники and Solikamsk (populations of 148 thousand and 106 thousand, respectively) [50]. There are six producing mines in Berezники and Solikamsk, with two more mines under construction [51].



**Figure 2.** Map of the Verkhnekamskoe potash deposit.

The salt stratum of the Verkhnekamskoe potash deposit is shaped like a lens, has a thickness of up to 550 m, and covers an area of approximately 8.1 thousand km<sup>2</sup>. It can be traced for 206 km in the meridional direction and up to 55 km in the latitudinal direction [52]. The salt stratum is composed of four salt layers from the Kungurian Stage (Lower Permian) [53]. The lowest underlying rock salt is composed of nearly monomineral halitites with scattered anhydrite and dolomite inclusions and rare clay and marl interlayers. Above that is a sylvinitic zone with alternating layers of sylvinites and halitites, followed by a carnallite zone with intercalated carnallites and halitites. The uppermost overlying rock salt layer contains small amounts of dolomite, magnesite, anhydrite, and clay material [54]. Rocks of the Sheshma horizon (P<sub>1</sub>šš), Upper Solikamsk horizon (P<sub>1</sub>sl<sub>1</sub>), and Lower Solikamsk horizon (P<sub>1</sub>sl<sub>2</sub>) of the Permian system are formed beneath Quaternary sediments in the study area (Figure 3) [43][55].



**Figure 3.** Geological setting of the central part of the Verkhnekamskoe potash deposit.

The potash-bearing complex in the Verkhnekamskoe deposit features only halite, sylvinit, and carnallite. The content of standard CaSO<sub>4</sub> does not exceed 5.2; CaCl<sub>2</sub>—0.6; and MgSO<sub>4</sub>—0.2 wt % [54]. In addition to soluble sulfates and chlorides in all strata, the insoluble residue is present and distributed very unevenly both in the cross-section and in the rocks. The main minerals of insoluble residue are mainly dolomite, anhydrite, potassium feldspar, quartz, chlorite, and less frequently, illite, hematite, goethite, magnesite, gypsum, and plant detritus are present in subordinate amounts [56].

## References

1. Sharma, P.P.; Yadav, V.; Rajput, A.; Kulshrestha, V. Synthesis of Chloride-Free Potash Fertilized by Ionic Metathesis Using Four-Compartment Electrodialysis Salt Engineering. ACS Omega 2018,

3, 6895–6902.

2. Türk, T.; Üçerler, Z.; Burat, F.; Bulut, G.; Kangal, M.O. Extraction of Potassium from Feldspar by Roasting with CaCl<sub>2</sub> Obtained from the Acidic Leaching of Wollastonite-Calcite Ore. *Minerals* 2021, 11, 1369.

3. Ali, M.M.E.; Petropoulos, S.A.; Selim, D.A.F.H.; Elbagory, M.; Othman, M.M.; Omara, A.E.-D.; Mohamed, M.H. Plant Growth, Yield and Quality of Potato Crop in Relation to Potassium Fertilization. *Agronomy* 2021, 11, 675.

4. Chen, W.; Geng, Y.; Hong, J.; Yang, D.; Ma, X. Life cycle assessment of potash fertilizer production in China. *Resour. Conserv. Recycl.* 2018, 138, 238–245.

5. U.S. Geological Survey. Mineral Commodity Summaries 2021; U.S. Geological Survey: Reston, VA, USA, 2021.

6. Wang, X.; Miller, J.D.; Cheng, F.; Cheng, H. Potash flotation practice for carnallite resources in the Qinghai Province, PRC. *Miner. Eng.* 2014, 66–68, 33–39.

7. U.S. Geological Survey. Mineral Commodity Summaries 2022; U.S. Geological Survey: Reston, VA, USA, 2022.

8. Ciceri, D.; Manning, D.; Allanore, A. Historical and Technical Developments of Potassium Resources. *Sci. Total Environ.* 2015, 502, 590–601.

9. Andreiko, S.; Baryakh, A.; Lobanov, S.; Fedoseev, A. Geo mechanical Estimation of Danger of Gas-Dynamic Failure During Potash Deposits Mining. *Procedia Eng.* 2017, 191, 954–961.

10. Mamaev, Y.A.; Vlasov, A.N.; Mnushkin, M.G.; Stolnikova, P.V. Changing structure of deformation area of undermined rock layer upon one-layer multichamber mining of salt deposit. *Geoecol. Eng. Geol. Hydrogeol. Geocryol.* 2021, 12, 32–38. (In Russian)

11. Sokol, D.G.; Le Quang Phuc; Than Van Duy. Safety improvement in recycle development headings in potash mines: Current problems and prospects. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020, 12, 33–43. (In Russian)

12. Broughton, P.L. Economic geology of southern Saskatchewan potash mines. *Ore Geol. Rev.* 2019, 113, 103117.

13. Pichat, A. Stratigraphy, Paleogeography and Depositional Setting of the K–Mg Salts in the Zechstein Group of Netherlands—Implications for the Development of Salt Caverns. *Minerals* 2022, 12, 486.

14. Lavrenko, S.A.; Shishlyannikov, D.I. Performance Evaluation of Heading-and-Winning Machines in the Conditions of Potash Mines. *Appl. Sci.* 2021, 11, 3444.

15. Seifi, C.; Schulze, M.; Zimmermann, J. Solution procedures for block selection and sequencing in flat-bedded potash underground mines. *OR Spectrum* 2021, 43, 409–440.
16. Lanzerstorfer, C. Potential of industrial de-dusting residues as a source of potassium for fertilizer production—A mini review. *Resour. Conserv. Recycl.* 2019, 143, 68–76.
17. Santos, S.; Casagrande, P.; Nader, P.; Oliveira, M.; Henriques, A. Technical feasibility study of the exploitation of seabed potassium salts by solution mining. *J. Mater. Res. Technol.* 2022, 16, 433–441.
18. Zelek, S.M.; Stadnicka, K.M.; Toboła, T.; Natkaniec-Nowak, L. Lattice deformation of blue halite from Zechstein evaporite basin: Kłodawa Salt Mine, Central Poland. *Miner. Petrol.* 2014, 108, 619–631.
19. Liskova, M.Y. Geoecology with modern construction enterprises on extraction and enrichment of potassium and magnesium salts. *News Tula State Univ. Sci. Earth* 2016, 4, 39–49. (In Russian)
20. Royer, J.J.; Litaudon, J.; Filippov, L.O.; Lyubimova, T.; Maximovich, N. 3D geostatistical modelling for identifying sinkhole disaster potential zones around the Verkhnekamskoye potash deposit (Russia). *J. Phys. Conf. Ser.* 2017, 879, 12018.
21. Prakash, S.; Verma, J.P. Global perspective of potash for fertilizer production. In *Potassium Solubilizing Microorganisms for Sustainable Agriculture*; Meena, V.S., Maurya, B.R., Verma, J.P., Meena, R.S., Eds.; Springer: New Delhi, India, 2016; pp. 327–331.
22. Kemp, S.J.; Smith, F.W.; Wagner, D.; Mounteney, I.; Bell, C.P.; Milne, C.J.; Gowing, C.J.B.; Pottas, T.L. An improved approach to characterize potash-bearing evaporite deposits, evidenced in North Yorkshire, United Kingdom. *Econ. Geol.* 2016, 111, 719–742.
23. Shen, L.; Siritongkham, N. The characteristics, formation and exploration progress of the potash deposits on the Khorat Plateau, Thailand and Laos, Southeast Asia. *China Geol.* 2020, 3, 67–82.
24. Orris, G.J.; Cocker, M.D.; Dunlap, P.; Wynn, J.; Spanski, G.T.; Briggs, D.A.; Gass, L. A Global Overview of Evaporate-Related Potash Resources, Including Spatial Data-Bases of Deposits, Occurrences, and Permissive Tracts; Scientific Investigations Report, 2010-5090-S; U.S. Geological Survey: Reston, VA, USA, 2014.
25. Shen, L.; Wang, L.; Liu, C. Age of the Mengyejing potash deposit in the Simao Basin, southwest China: Constraints from detrital zircon U-Pb ages. *Ore Geol. Rev.* 2022, 149, 105097.
26. Titkov, S.N. Role of VNII Galurgy in developing of domestic mining-and-chemical industry. *Gorn. Zhurnal* 2016, 4, 5–10. (In Russian)
27. Golovatyy, I.I. JSC “Belaruskali”—The world’s largest producer of potash fertilizers. *Gorniy Zhurnal* 2018, 8, 4–9. (In Russian)

28. Zemskov, A.N.; Maksimovich, N.G.; Meshcheryakova, O.Y. Modern trends in the development of the potash industry in the world. *News Tula State Univ. Sci. Earth* 2022, 3, 369–382. (In Russian)

29. Maksimovich, N.G.; Meshcheryakova, O.Y. Karst Features of the Garlyk Potash Deposit Area, Turkmenistan. *Bull. Perm Univ. Geol.* 2016, 2, 64–71. (In Russian)

30. Moloshtanova, N.E.; Isaeva, G.A. Use of Geochemical Indicators to Determine the Genesis of Sylvinite of the Tubegatan Deposit. *Bull. Perm Univ. Geol.* 2015, 2, 55–62. (In Russian)

31. Baryakh, A.A.; Smirnov, E.V.; Kvitkin, S.Y.; Tenison, L.O. Russian potash industry: Issues of rational and safe mining. *Russ. Min. Ind.* 2022, 1, 41–50. (In Russian)

32. Vishnyakov, A.K.; Moscovskiy, G.A.; Goncharenko, O.P.; Vafina, M.S.; Vershinin, D.S.; Sopivnik, I.V. Mineral composition of halogenous rocks of the Nivensky hollow of the Kaliningrad-Gdansk saliferous basin and condition of their formation. *Litosfera* 2016, 4, 102–113. (In Russian)

33. Cañedo-Argüelles, M.; Brucet, S.; Carrasco, S.; Flor-Arnau, N.; Ordeix, M.; Ponsa, S.; Coring, E. Effects of potash mining on river ecosystems: An experimental study. *Environ. Pollut.* 2017, 224, 759–770.

34. Roesel, L.K. Effects of less impermeable sealings for mine piles, *Ecological. Engineering* 2022, 176, 106515.

35. Sommer, V.; Karsten, U.; Glaser, K. Halophilic Algal Communities in Biological Soil Crusts Isolated from Potash Tailings Pile Areas. *Front. Ecol. Evol.* 2020, 8, 46.

36. Sidki-Rius, N.; Sanmiquel, L.; Bascompta, M.; Parcerisa, D. Subsidence Management and Prediction System: A Case Study in Potash Mining. *Minerals* 2022, 12, 1155.

37. Vendrell-Puigmitja, L.; Llenas, L.; Proia, L.; Ponsa, S.; Espinosa, C.; Morin, S.; Abril, M. Effects of an hypersaline effluent from an abandoned potash mine on freshwater biofilm and diatom communities. *Aquat. Toxicol.* 2021, 230, 105707.

38. Bäthe, J.; Coring, E. Biological effects of anthropogenic salt-load on the aquatic Fauna: A synthesis of 17 years of biological survey on the rivers Werra and Weser. *Limnologica* 2011, 41, 125–133.

39. Gorostiza, S.; Sauri, D. Naturalizing pollution: A critical social science view on the link between potash mining and salinization in the Llobregat river basin, northeast Spain. *Phil. Trans. R. Soc. B* 2018, 374, 20180006.

40. Ziemann, H.; Schulz, C.-J. Methods for biological assessment of salt-loaded running waters—Fundamentals, current positions and perspectives. *Limnologica* 2011, 41, 90–95.

41. Schulz, C.-J.; Cañedo-Argüelles, M. Lost in translation: The German literature on freshwater salinization. *Phil. Trans. R. Soc. B* 2019, 374, 20180007.

42. Trapeznikov, D.E. Salt deposits of the Ufimian Formation in the Solikamsk depression. *Litosfera* 2018, 18, 223–234. (In Russian)

43. Kudryashov, A.I. *Verkhnekamskoe Salt Deposit*, 2nd ed.; Epsilon Plyus: Moscow, Russia, 2013; 386p. (In Russian)

44. Sidorova, I.T. Formation of chemical industry in Verchnekamye by the example of Bereznikichemical plants. *Bull. Mosc. Reg. State Univ. Ser. Hist. Political Sci.* 2010, 2, 80–83. (In Russian)

45. 85 Years Since the Discovery of the Verkhnekamsk Salt Deposit. Official site of the Russian Agency for Subsoil Use. Available online: <https://www.rosnedra.gov.ru/article/3604.html> (accessed on 15 December 2022).

46. Levchenko, T.P.; Konstantinov, I.S. Potash fertilizers production in Russia. *Gorn. Zhurnal* 2016, 4, 10–14. (In Russian)

47. Liskova, M.Y. Negative impact on the environment caused by companies that mine and process potassium and magnesium salts. *Bull. PNRPU Geology. Oil Gas Eng. Min.* 2017, 16, 82–88. (In Russian)

48. Boyarko, G.Y.; Khatkov, V.Y. Current state of the Russian salt industry. *Bull. Tomsk. Polytech. Univ. Geo Assets Eng.* 2021, 332, 179–190.

49. Bayandina, E. Study of Geological Conditions and Results of Selective Attrition of the Sylvinitic Core during Exploration of the Verkhnekamskoye Field. Ph.D. Thesis, Sergio Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting, Moscow, Russia, 2017. (In Russian).

50. Kovalev, O.V.; Mozer, S.P. Some approaches to secure mining of potash deposits. *J. Min. Inst.* 2014, 207, 55–59. (In Russian)

51. Samsonov, S.; Baryakh, A. Estimation of Deformation Intensity above a Flooded Potash Mine Near Berezniki (Perm Krai, Russia) with SAR Interferometry. *Remote Sens.* 2020, 12, 3215.

52. Konstantinova, S.A.; Aptukov, V.N. Some Problems in the Mechanics of Deformation and Fracture of Salt Rocks; Nauka: Novosibirsk, Russia, 2013; 190p. (In Russian)

53. Chaikovskiy, I.I.; Korotchenkova, O.V.; Trapeznikov, D.E. New genetic type of leaching zones in the salts of the Verkhnekamskoe salt deposit: Hydrochemical, mineralogical and structural indicators. *Litol. I Polezn. Iskopayemye* 2019, 4, 337–350.

54. Chaikovskiy, I.I. Evolution of the Chemical Composition of Primary Salts of the Verkhnekamskoe deposit. *Uchenye Zap. Kazan. Univ. Seriya Estestv. Nauk.* 2020, 162, 290–301.

55. Maksimovich, N.G.; Pervova, M.S. Influence of the mineralized water crossflows of the Upper-Kama potash-magnesium salt deposit on the subsurface hydrosphere. *Eng. Surv.* 2012, 1, 22–28.

56. Chaikovskiy, I.I.; Utkina, T.A.; Isaeva, G.A. Evolution of mineral composition of insoluble salt residue from the verkhnekamskoe deposit. Mountain Echo 2021, 4, 17–20.

---

Retrieved from <https://encyclopedia.pub/entry/history/show/96486>