

ВЛИЯНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАЗРАБОТКУ ТЮБЕГАТАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ (РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН)

Дьяконов М.В., ПАО «Уралкалий», г. Березники
Ляхин Ю.С., Горный институт УрО РАН, Пермь
Лучников А.И., Горный институт УрО РАН, Пермь

Разработка Тюбегатанского месторождения калийных солей в условиях сложного тектонического строения неизбежно сталкивается с рядом факторов, влияющих на безопасность и организацию производственного процесса. Одним из них является наличие аварийных водопроявлений в выработках, обусловленных процессом инфильтрации атмосферных осадков через толщу покровных отложений по системам вертикальных трещин. Интенсивность и периодичность этих водопроявлений связаны, в том числе, с гидрологическими и гидрохимическими особенностями поверхностных водных объектов в районе горного отвода месторождения. Проведенные гидрологические расчеты позволили оценить среднемноголетний водоприток поверхностных вод с водосбора в районе участка первоочередной отработки, который составил 43 м³/ч. Максимальные водоприток (более 180 м³/ч) были зафиксированы в начале июня 2012 г. и в конце мая 2018 г. и совпадали с прохождением дождевых паводков редкой обеспеченности. Гидрохимические исследования, включая лабораторный анализ, показали, что на исследуемой территории общая минерализация большинства водотоков и родников (1-10 г/л) существенно ниже, чем шахтных вод (более 300 г/л). Это свидетельствует об активных процессах растворения соледержащих горных пород. Для минимизации поступления поверхностных вод в горные выработки предложено канализовать русло р. Тюяшсай в нижнем течении на всем протяжении горного отвода. Для предупреждения возникновения аварийных ситуаций, вследствие резкого увеличения инфильтрации поверхностного стока, формируемого ливневыми осадками, рекомендуется организовать непрерывный автоматизированный мониторинг за гидрометеорологическими параметрами.

Ключевые слова: Тюбегатанское месторождение, гидрологические факторы, аварийные водопроявления, водоприток, безопасность горных работ

Введение

В настоящее время в мире существует устойчивый тренд к постоянному росту численности населения. Это создаёт в отдельных регионах дефицит продовольствия, и возникает необходимость наращивания производства минеральных удобрений, в том числе и в регионах со сложными горно-геологическими условиями [1, 2]. Располагающиеся там месторождения калийных солей характеризуются повышенными рисками, связанными со строением водоупорных пород и опасностью прорыва пресных вод в горные выработки [3, 4]. Основными источниками внезапных прорывов воды в горные выработки шахт являются поверхностные водоемы (моря, озера, водохранилища, реки и другие); поверхностные ливневые и паводковые воды; подземные водоемы в старых затопленных выработках; подземные водоносные

горизонты, приуроченные к водоносным горным породам. Из общего числа внезапных прорывов воды в горные выработки шахт примерно 10-15% приходится на прорывы воды из поверхностных водоемов, ливневых и паводковых вод [5]. При этом данный процесс характеризуется, как правило, огромными притоками воды, достигающими до нескольких десятков тысяч м³/ч. Зачастую, несмотря на комплекс принимаемых мер по защите и предупреждению аварийных ситуаций, это может приводить к затоплению рудников и невозможности их дальнейшей эксплуатации [3, 6].

Одним из характерных примеров разработки месторождения в сложных горно-геологических условиях является Тюбегатанское месторождение калийных солей [4, 7, 8]. Здесь основная опасность прорыва пресных вод в горные выработки связана с наличием разрывных тектонических нарушений.

Тюбегатанское месторождение калийных солей находится на территории Кашкадарьинского вилоята Узбекистана и Лебапского вилоята Туркменистана и разделяется пограничной рекой Шордарья на две части (Рис. 1).

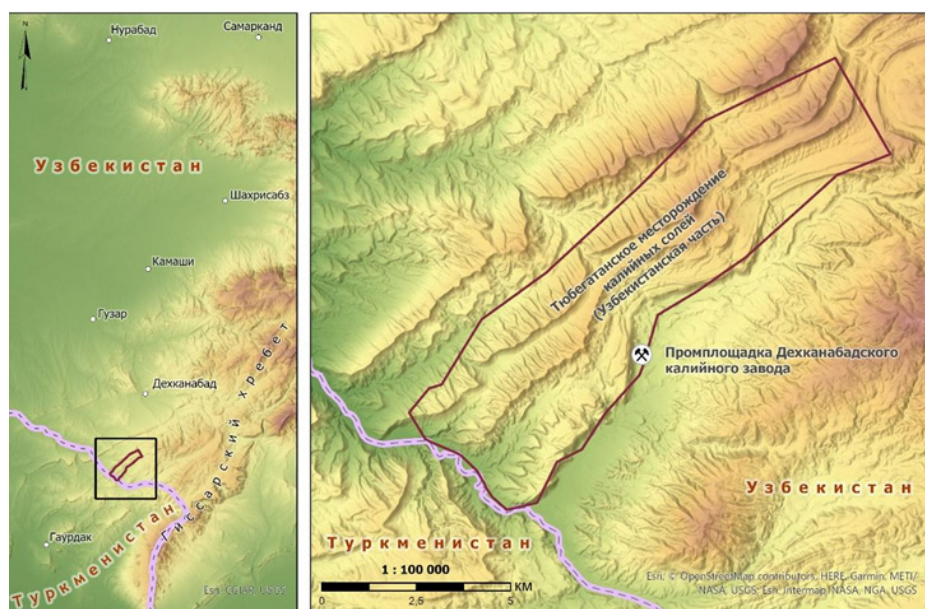


Рис. 1. Общая схема расположения Тюбегатанского месторождения калийных солей [6]

В настоящее время подземным способом разрабатывается узбекская часть месторождения, имеющая площадь подсчета запасов 31,4 км². Протяженность месторождения на территории Республики Узбекистан с юго-запада на северо-восток составляет 14 км при ширине от 1,5 до 3 км. Месторождение вскрыто тремя наклонными штольнями (стволами), пройденными с дневной поверхности комбинированным способом под углом 8-10°. Протяженность наклонных стволов составляет от 1780 до 1845 м. Разработкой месторождения на территории Республики Узбекистан с 2010 года занимается государственное унитарное предприятие Дехканабадский калийный завод (далее – ДКЗ) [4].

В разрезе месторождения представлены осадочные породы четвертичного, неогенового, мелового и юрского возраста. В продуктивной галитовой подсвите гаурдакской свиты титонского яруса верхней юры выделены три калийных горизонта: нижний, средний и верхний, разделенные промежуточными горизонтами галитового

состава. Промышленным является пласт Нижний II нижнего горизонта. Содержание полезного компонента KCl в нем составляет от 15,55 до 50,53 % (среднее – 34,3 %) при мощности от 0,8 до 12,8 м (среднее – 5,65 м) [9].

Узбекская часть Тюбегатанского месторождения приурочена к Тюбегатанской брахиантиклинали Гаурдак-Тюбегатанской антиклинальной зоны (Рис. 2) и характеризуется крайне сложным тектоническим строением [4].

Водозащитная толща (далее – ВЗТ) представляет собой пачку водонепроницаемых пород. По данным источника [8], мощность водозащитной толщи достигает 154,7 м, выклиниваясь в русле р. Тюяшсай, протекающей по юго-западной границе шахтного поля, до 34,6 м (средняя мощность – 117,2 м). Средняя глубина залегания кровли ВЗТ ~ 324 м [10].

По состоянию на 2024 год глубина проведения горных работ достигает более 700 м от дневной поверхности. Как и на большинстве калийных и соляных месторождений здесь применяется камерная система разработки с поддержанием вышележащей толщи на ленточных междуканальных целиках. На настоящий момент времени состояние горных выработок на участке первоочередной отработки оценивается как неудовлетворительное: камеры «задавлены» обрушенными породами [4].

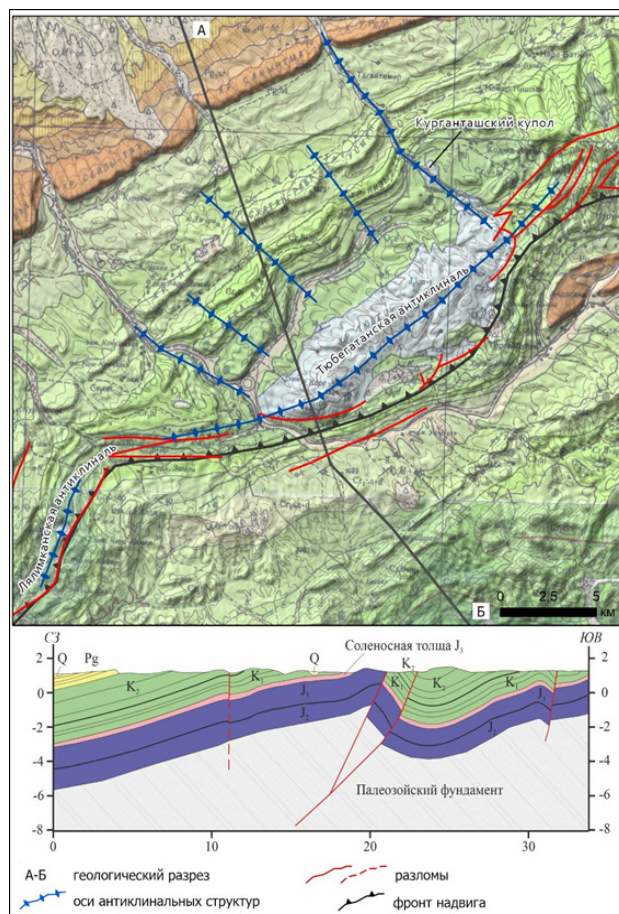


Рис. 2. Геологическая карта района Тюбегатанской антиклинали с элементами тектоники [4]

Отработка промышленных пластов месторождения в текущих условиях дополнительно осложняется наличием водопроявления, вскрытого при проходке одной из панелей шахтного поля рудника. При этом интенсивность и режим

поступления воды в выработанное пространство зависят и от гидрологических процессов, происходящих на водосборах поверхностных водных объектов. Поэтому система комплексного мониторинга, создаваемая с целью контроля состояния геологической среды для обеспечения безопасности ведения горных работ и снижения вредного воздействия на окружающую среду [11], должна строиться с учетом и гидрометеорологических факторов.

Общая характеристика гидрологических условий

Исследуемые водные объекты относятся к бассейну р. Амударьи. Постоянными водотоками являются только реки, получающие питание в горной и высокогорной зонах. Однако и здесь временными и пересыхающими водотоками выработана довольно густая гидрографическая сеть. При этом сколько-нибудь развитых речных систем в этой зоне не сформировано. Небольшие реки (саи), вытекая из предгорий, зачастую теряются на конусах выноса в районах резкого выполаживания долины (Рис. 3).



(а)



(б)

Рис. 3. Характерный вид долин и пересохших русел рек Тюяшсай (а) и Торгарсай (б) в среднем течении

Раннее наступление положительных температур и теплые дожди способствуют интенсивному сходу маломощного снежного покрова. Талые воды от сезонного снега суммируются с дождевым стоком, вызывая концентрацию основного объема годового стока в весенний период и в первую половину лета. При этом объем дождевого стока незначителен и зачастую не превышает 5-10% общего годового стока. На его подземную составляющую приходится порядка 25-35% [12].

В то же время наибольшие годовые расходы отмечаются в апреле-мае и, как правило, имеют дождевое происхождение с образованием кратковременных разрушительных селевых паводков. Гидрограф состоит из отдельных снего-дождевых паводочных пиков.

В рамках комплексных полевых работ было выполнено поучастковое рекогносцировочное обследование водосборных бассейнов р. Шордарья и ее правобережных притоков (в том числе рр. Тюяшсай, Торгарсай, Таркапчигай), расположенных как в границах горного отвода Тюбегатанского месторождения, так и за его пределами. Площадь горного отвода разделяется на 6 водосборных участков в различном соотношении. Наибольшая часть (44%) относится к водосборной площади р. Тюяшсай (Рис. 4).

Гидрологическая сеть, согласно материалам проведенных маршрутных обследований, представляет собой, в основном, пересохшие русла без поверхностного стока.

Естественный поверхностный сток выявлен на отдельных непротяжённых участках русла р. Таркапчигай (верховья р. Шордарья) и руч. Асмандара.

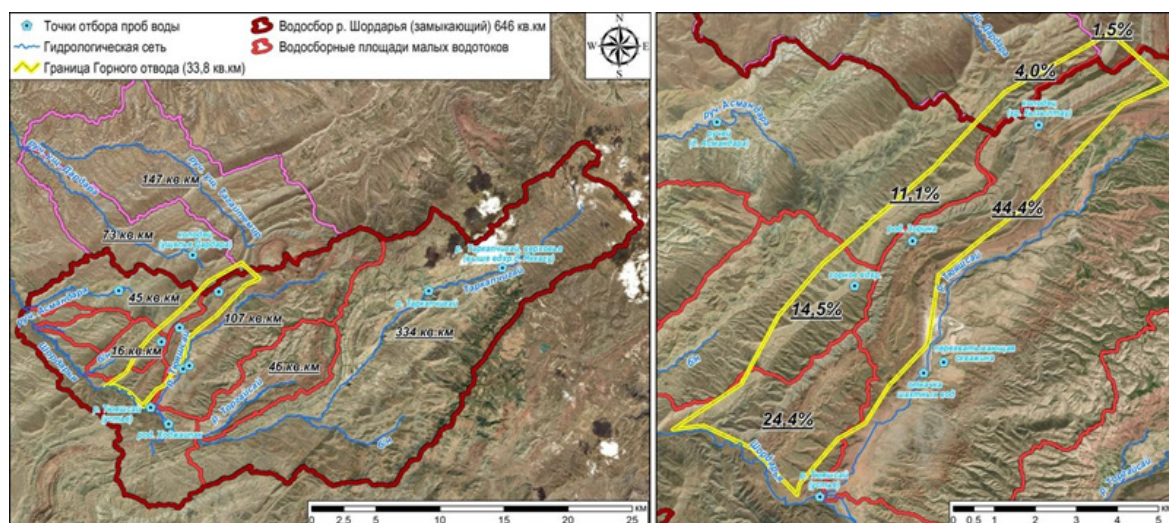


Рис. 4. Карта-схема гидрографической сети и расположения точек отбора проб воды в районе горного отвода Тюбегатанского месторождения

Отдельно необходимо отметить, что дневная поверхность русел и пойм обследованной гидрографической сети покрыта плотной земистой коркой, особенно в нижнем течении. Она представляет собой высохший трещиноватый слой из мелкодисперсных частиц с вкраплениями галечника и окатышей. Толщина слоя – от 2-3 мм в верхнем течении и до 20-40 мм в устьевых участках водотоков. Наличие корки существенно снижает способность подстилающих почв к инфильтрации непродолжительных дождевых осадков в начальный период времени их выпадения, а также увеличивает скорости движения водных потоков по руслу. Косвенно высокие скорости в верховьях рек подтверждаются и отсутствием мелкой эрозионной (ручейковой) сети, поскольку формируется сплошной слой стока по рельефу. В целом же, слабая связность грунтов, слагающих долину и пойму водотоков, способствует насыщению потока осадочными породами. Учитывая ливневый тип выпадения осадков и пересеченность местности, этот процесс приобретает «лавинообразный» характер, формируя в русле не водный, а селевой поток.

Насыщенность селевого потока обломочным материалом, по различным данным, может составлять от 10 до 75% объема движущейся массы [13]. Это приводит к увеличению площади поперечного сечения потока, и, соответственно, зоны затопления. Поэтому зафиксированные на местности отметки уровней высоких вод (далее – УВВ) характеризуют не уровень воды в прямом его понимании, а отметки растекания селевого потока по пойме.

Средний расход селевых масс р. Тюяшсай в районе шахтного поля составляет $\sim 35\text{--}40 \text{ м}^3/\text{с}$, при этом максимальные значения были зафиксированы (службами ДКЗ) в начале июня 2012 г. ($\sim 120 \text{ м}^3/\text{с}$) и в конце мая 2018 г. ($\sim 100 \text{ м}^3/\text{с}$). В эти же периоды наблюдались максимальные водоприток в горные выработки, превышающие $180 \text{ м}^3/\text{час}$ [10].

Гидрологические расчеты

На рассматриваемой территории гидрологические посты отсутствуют. Поэтому для определения основных гидрологических характеристик неизученных водных объектов применялись рекомендованные методы «гидрологической аналогии» [12, 14].

Для района горного отвода Тюбегатанского месторождения расчет основных гидрологических характеристик выполнен для 6 створов (по 3 на рр. Шордарья и Тюяшсай) – выше, ниже и в центральной части шахтного поля. Результаты расчетов для 2-х центральных створов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты определения некоторых гидрологических характеристик в створах шахтного поля на рр. Тюяшсай и Шордарья

№	Река	Площадь водосбора, км ²	Средняя высота водосбора, м БС	Средне-многолетний модуль стока, л/с км ²	Средне-годовой расход, м ³ /с	Средне-месячный расход в период междени (50%), м ³ /с	Максимальный расход воды в период половодья (1%), м ³ /с
1	р. Тюяшсай	120	1229	2,1	0,25	0,05	97,9
2	р. Шордарья	866	1082	2,0	1,73	0,97	265

Анализ построенных кривых связи $Q=f(H)$ для отдельных створов на р. Тюяшсай позволил сделать вывод о том, что в нижнем течении реки перед впадением в р. Шордарья в период максимального подъема уровней воды на 3-4 м (УВВ) происходит выход вод из ложа русла и затопление поймы (Рис. 5). Это приводит к увеличению площади инфильтрации паводковых вод в подземные горизонты.

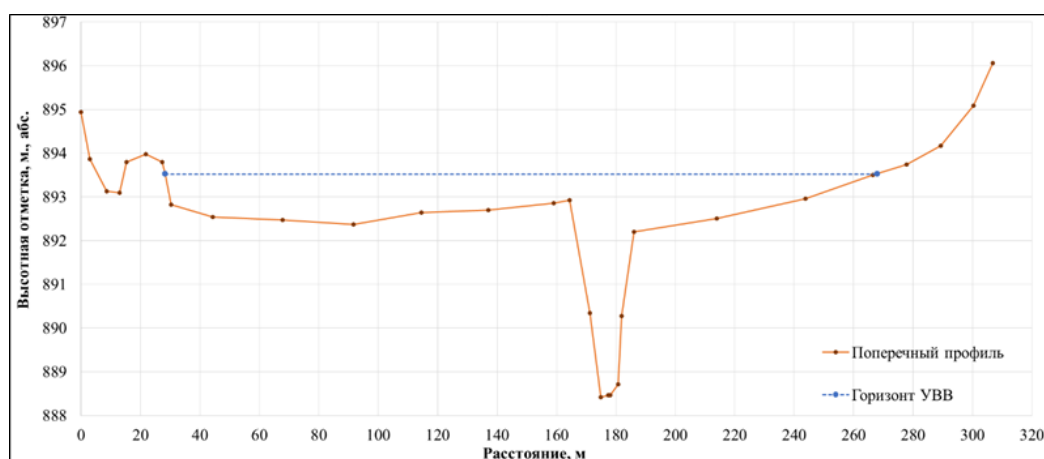


Рис. 5. Поперечный профиль долины р. Тюяшсай в устьевой части с указанием уровня высоких вод (расстояние от левого берега)

Дальнейшие расчеты показали, что среднемноголетний водоприток поверхностных вод с водосбора составляет 43,2 м³/час – для участка первоочередной отработки, 115,2 м³/час – для северо-восточного участка и 72 м³/час – для юго-западного.

Минимальный же среднемесячный водоприток с водосбора (период межени 50% обеспеченности) для участка первоочередной отработки составляет 18 м³/час, для северо-восточного участка – 54 м³/час, для юго-западного – 36 м³/час.

Гидрохимические исследования

Из поверхностных водных объектов, мест разгрузки подземных вод, родников и колодцев, в назначенных по результатам рекогносцировки створах были отобраны пробы воды на химический анализ с выполнением необходимых гидрометрических измерений. Непосредственно при отборе проб воды дополнительно определялся ряд важных физико-химических показателей с применением портативных мультипараметрических датчиков.

Подземные воды обнаружены в 4 источниках (2 родниках – Ходжаипак, Зорина и 2 колодцах) (Рис. 6). Глубина горизонта воды в колодцах – ~2-3 метра от поверхности земли, высота водного столба – 1-3,5 метра. За весь период обследований отобрано 20 проб воды на количественный химический анализ (КХА) по 11 компонентам.



(а)



(б)

Рис. 6. Общий вид родника Ходжаипак (а) и колодца в ущелье Дардара (б) на участке обследования

Полученные данные о химическом составе вод из поверхностных и подземных источников позволили провести обобщенный анализ и сделать ряд выводов.

Воды р. Таркапчигай выше района работ и горного водохранилища (Рис. 4, Табл. 2) могут быть приняты в качестве «фоновых». Вода в р. Таркапчигай относится к разряду пресных (минерализация до 1000 мг/дм³). По ионному составу преобладают гидрокарбонаты (до 403 мг/дм³), сульфаты (до 374 мг/дм³), кальций (до 169 мг/дм³) и натрий (до 111 мг/дм³).

Горное водохранилище (используется для водопоя скота) образуется за счет поверхностного склонового стока (дождевые осадки) и также характеризуется пресным характером вод (минерализация около 600 мг/дм³ – наименьшая в сравнении с другими источниками воды в районе исследований).

Для большинства мест выхода подземных вод картина иная. Воды в них уже характеризуются как среднеминерализованные (4-5 г/дм³ – родник Зорина, колодцы Дардара и Кызылтау) и минерализованные (до 12 г/дм³ – руч. Асмандара) (Табл. 2).

Воды всех остальных источников (р. Тюяшсай – устье, родник Ходжаипак, перехватывающая скважина, откачки шахтных вод) характеризуются как рассолы

(минерализация более 50 г/дм³). В составе этих вод преобладают хлорид-ионы (до 174 г/дм³), натрий (до 123 г/дм³) и калий (до 26 г/дм³).

Таблица 2

**Результаты определения физико-химических показателей и лабораторных анализов
поверхностных и подземных вод из некоторых источников**

Параметр	Единицы измерения	Горное вдхр	р. Таркапчигай	Родник Зорина	Колодец в ущелье Дардара	Ручей Асман-дара	Родник Ходжаипак	Откачка шахтных вод
Кальций	мг/дм ³	36	169	543	225	401	1992	1920
Магний	мг/дм ³	24,4	87	330	403	697	394	1492
Натрий	мг/дм ³	126	111	416	853	1762	39660	123300
Калий	мг/дм ³	148	9,6	33	22,8	36	857	26150
Гидрокарбонаты	мг/дм ³	226	403	285	481	337	241	174
Сульфаты	мг/дм ³	62	304	2773	2000	3634	3550	3221
Общая минерализация	мг/дм ³	572	1060	5179	5051	12249	94409	357993
Плотность	кг/м ³	996	995	1002	1003	1007	1064	1200
Жесткость общая	°Ж	1,38	5,74	42,8	36,9	77	109	205
Хлорид-ион	мг/дм ³	7,11	32,3	152	624	1062	46493	174830
Бромид-ион	мг/дм ³	<0,05	0,097	0,149	2,03	1,98	129	115
рН		8,04	7,76	7,4	7,51	7,72	6,87	7,05
Удельная электропроводность	µСим	363	1180	5070	5860	12520	122100	>200000
Температура	°С	20,9	18	26	17,6	19,9	22,8	26,8

Во всех поверхностных водных объектах, кроме р. Тюяшсай в устьевой части, концентрации основных макрокомпонентов значительно ниже (на один-два порядка), чем в шахтных водах. Исключением являются концентрации гидрокарбонатов, которые в поверхностных водных объектах, как правило, всегда выше, чем в подземных.

Выполненные в работе [4] геомеханические расчеты показали, что на участке первоочередной отработки уже на сегодняшний момент времени в ВЗТ сформированы зоны субвертикальной трещиноватости, которые могут служить каналами для поступления поверхностных вод в выработанное пространство рудника. Учитывая относительно низкую их минерализацию на рассматриваемой территории, возникают благоприятные условия для интенсификации процессов растворения солесодержащих горных пород.

Заключение

Комплекс натурных гидрологических и гидрохимических исследований на водосборах рек, прилегающих к Тюбегатанскому месторождению калийных солей,

а также выполненные расчеты, позволили сформулировать ряд выводов и рекомендаций, направленных на повышение безопасности производства горных работ.

Особенности формирования поверхностного стока, связанные с его сезонностью, морфологическими особенностями водосборов (крутизной склонов), селевым характером движения вод по гидрографической сети, обуславливают необходимость рассмотрения и реализации мероприятий, направленных на уменьшение инфильтрации из русел основных водотоков, прилегающих к территории горного отвода. Одним из таких мероприятий может быть канализирование русел. Гидрологические расчеты показали, что среднемноголетний водоприток поверхностных вод с водосбора составляет 43,2 м³/час – для участка первоочередной отработки, 115,2 м³/час – для северо-восточного участка и 72 м³/час – для юго-западного.

Повышенная трещиноватость грунтов, существенная внутригодовая неравномерность распределения поверхностного стока и пресный характер вод создают благоприятные условия для интенсификации процессов растворения горных пород и последующего их поступления в горные выработки уже в виде рассолов. Это приводит к существенному затруднению процессов разработки месторождения и повышению эксплуатационных затрат, в том числе увеличивает риск развития негативных техногенных процессов.

Система гидрометеорологического мониторинга на месторождениях с рассматриваемыми особенностями также должна строиться с учетом «залповости» образования поверхностного стока. Ввиду того, что максимальные значения расходов воды (селевого потока) могут формироваться в течение нескольких часов с начала выпадения ливневых осадков, необходимо вести наблюдения в непрерывном автоматическом режиме с применением специализированного оборудования. При этом измерения должны затрагивать все фазы водного режима рек рассматриваемой территории, а расположение измерительных комплексов в бассейне должно обеспечивать заблаговременность получения информации о выпадении осадков и формирующейся волне половодья и паводка.

Библиографический список

1. *Pumjan S., Long T.T., Loc H.H., Park E.* Deep well injection for the waste brine disposal solution of potash mining in Northeastern Thailand // *Journal of Environmental Management*. – 2022. – Т. 311. – С. 114821. DOI: 10.1016/j.jenvman.2022.114821
2. *Рыльникова М.В., Есина Е.Н., Сахаров Е.М., Бергер Р.В.* Закономерности геодинамических явлений при освоении глубокозалегающих сложноструктурных месторождений калийно-магниевых солей // *Горная промышленность*. – 2023. – №1. – С. 89-94. DOI: 10.30686/1609-9192-2023-1-89-94
3. *Prugger F.F., Prugger A.F.* Water problems in Saskatchewan potash mining - what can be learned from them // *CIM Bulletin*. – 1991. – Vol. 84. – № 945. – P. 58-66.
4. *Барях А.А., Санфиров И.А., Дьяконов М.В., Лобанов С.Ю., Никифорова А.И.* Информационное обеспечение геомеханических расчетов устойчивости подработанного породного массива со сложным тектоническим строением // *Russian Journal of Earth Sciences*. – 2024. – Т. 24. – ES1012. DOI: 10.2205/2024es000894
5. *Калмыков Е.П.* Борьба с внезапными прорывами воды в горные выработки. – Москва: Издательский дом «Недра», 1973. – 240 с.
6. *Барях А.А., Евсеев А.В.* Ликвидация калийных рудников и соляных шахт: обзор и анализ проблемы // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. – 2019. – № 9. – С. 5-29. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-09-0-5-29

7. Чайковский И.И. Тектонические особенности района Тюбегатанской антиклинали // Горное эхо. – 2022. – № 2 (87). – С. 38 - 41.
8. Кудряшов А.И., Грибков Д.С. Горно-геологические условия разработки Тюбегатанского месторождения калийных солей // Рудник будущего. Пермь. – 2010. – Вып. 1. – С. 11-14.
9. Поздеев А.А., Земсков А.Н., Ибрагимов Г.И. Некоторые аспекты освоения Тюбегатанского месторождения калийных солей // Рудник будущего. – 2010. – №1. – С. 6 - 10. – EDN: РОЕНWH.
10. Дьяконов М.В., Малеев Э.Е., Герасимова И.Ю. Активизация карстовых процессов при техногенном воздействии на Тюбегатанском месторождении калийных солей // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2026. – № 2. – С. 25-36.
11. Дьяконов М.В., Герасимова И. Ю., Малеев Э.Е., Степанов Ю.И., Шулаков Д.Ю. Обоснование системы комплексного мониторинга геологической среды месторождения калийных солей // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2025. – № 3. – С. 136–152. DOI: 10.25018/0236_1493_2025_3_0_136
12. Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность / Под ред. Н. Д. Шека; Глав. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1963. – 30 с.
13. Перов В.Ф. Селеведение. – Москва: Географический факультет МГУ, 2012. – 272 с.
14. СП 33-101-2003 «Определение основных расчетных гидрологических характеристик». – М.: Госстрой России, 2004. – URL: <http://base.garant.ru/3924385/> (дата обращения: 29.07.2026)

Благодарности:

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания Горного института УрО РАН (рег. номер НИОКТР: 124020500053-6 Исследование закономерностей эволюции гидросферы в районах интенсивного недропользования с целью минимизации экологического риска и обеспечения устойчивости водопользования).

Для цитирования:

Дьяконов М.В., Ляхин Ю.С., Лучников А.И. Влияние гидрологических факторов на разработку Тюбегатанского месторождения калийных солей (Республика Узбекистан) // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. – 2026. – № 3. – С. 49–59. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2026.3.3>

Сведения об авторах:

Дьяконов Максим Владимирович, руководитель проектного офиса по строительству нового рудника СКРУ-2, Публичное акционерное общество «Уралкалий» (ПАО «Уралкалий»), 618426, Пермский край, г. Березники, ул. Пятилетки, д. 63; e-mail: Maksim.Dyakonov@uralkali.com, ORCID:0009-0009-0423-5660

Ляхин Юрий Сергеевич, кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории проблем гидрологии суши, Горный институт УрО РАН – филиал Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН («ГИ УрО РАН»), 614007, г. Пермь, ул. Сибирская, д. 78А; e-mail: Ljahin85@mail.ru. ORCID: 0000-0001-8058-5587

Лучников Антон Игоревич, ведущий инженер лаборатории проблем гидрологии суши, «ГИ УрО РАН»; e-mail: Luchnikovanton@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0660-2462

INFLUENCE OF HYDROLOGICAL FACTORS ON THE DEVELOPMENT OF THE TYUBEGATAN POTASSIUM SALT DEPOSIT (REPUBLIC OF UZBEKISTAN)

Dyakonov M.V.¹, Lyakhin Yu.S.², Luchnikov A.I.²

¹*PJSC Uralkali, Berezniki*

²*Mining Institute UB RAS, Perm*

The development of the Tyubegatan potash deposit, characterized by a complex tectonic environment, inevitably faces a number of factors affecting safety and organization of the production process. One of these is the occurrence of emergency water seepage in the workings, caused by precipitation infiltrating through the cover deposits via systems of vertical fractures. The intensity and frequency of these water seepage events are related, among other factors, to the hydrological and hydrochemical characteristics of surface water bodies in the area of the deposit's mining allotment. Hydrological calculations allowed us to estimate the long-term average surface water inflow from the catchment area near the primary mining site, which amounted to 43 m³/h. Maximum water inflows (over 180 m³/h) were recorded in early June 2012 and late May 2018 and coincided with rare rain floods. Hydrochemical studies, including laboratory analysis, showed that the total mineralization of most streams and springs in the study area (1-10 g/L) is significantly lower than that of mine waters (over 300 g/L). This indicates active dissolution of salt-containing rocks. To minimize surface water infiltration into the mine workings, deepening and straightening work is proposed to create a channel for the Tyushsay River downstream along the entire length of the mining allotment. To prevent emergencies resulting from a sharp increase in surface runoff infiltration caused by heavy rainfall, the implementation of continuous automated monitoring of hydrometeorological parameters is recommended.

Keywords: *Tyubegatan deposit, hydrological factors, emergency water occurrences, water inflow, mining safety*

Поступила в редакцию: 30.07.2026

Принята к публикации: 31.08.2026