

В.М. Севергин внес неоценимый вклад в создание, становление и развитие многих научных дисциплин, научных школ и направлений — генетической и химической минералогии, кристаллохимии, геохимии, геохимии природных вод, бальнеологии, геохимической экологии, экологической геохимии, гидрогеологии, о полезных ископаемых и т.д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баландин, Р.К. Вернадский: жизнь, мысль, бессмертие / Р.К. Баландин. — М., 1979. — 176 с.
2. Вернадский, В.И. История природных вод / В.И. Вернадский / Отв. ред. С.Л. Шварцев, Ф.Т. Яншина. — М.: Наука, 2003. — 750 с.
3. Врачующие воды: Сб. Взгляд через столетие (к столетию Всероссийской промышленной и художественной выставки, 1896). — Н.-Новгород, 1996. — С. 108–113.
4. Протоколы заседаний Конференции Императорской Академии наук с 1725 по 1803 г. // Летопись Российской академии наук. Т. 1. 1724–1802 / Гл. ред. акад. Ю.С. Осипов. Отв. ред. Н.И. Невская. — СПб.: Наука, 2000. — 994 с.
5. Севергин, В.М. Первые основания минералогии или естественной истории ископаемых тел / соч. Василия Севергина, академика и профессора минералогии, Императорской Российской Академии, С. Петербургского, Лондонского и Лейпцигского Экономических обществ члена, и Геттингского ученого общества корреспондента. В 2 кн. — СПб.: При Императорской Академии Наук. — 1798. — Кн. 1. — 498 с.; Кн. 2. — 437 с.
6. Севергин, В.М. Начальные основания естественной истории, содержащие царства животных, произрастений и ископаемых: Царство ископаемых / В.М. Севергин [Издано <...> по систематическому ископаемых расположению г. Кирвана, на англ. яз. писанному]: В 4 ч. — СПб.: Тип. ИАН, 1791–1794: 2 т. 1791. — Кн. 1, 2. — Ч. I–IV.
7. Севергин, В.М. Всеобщие рассуждения о минералогии, читанные во время открытого прохождения минералогии при Академии наук летом 1792 г. / В.М. Севергин // Новые ежемесяч-

- ные сочинения. — СПб., 1792. — Сентябрь. Ч. 75. — С. 61–75.
8. Севергин, В.М. Начертание технологии минерального царства, изложенное трудами Василия Севергина. — СПб., 1821. — Т. 1. — 256 с.
9. Севергин, В.М. Обзорение Российской Финляндии или минералогические примечания, учиненные во время путешествия по оной в 1804 году / В.М. Севергин. — СПб., 1805. — 133 с.
10. Севергин, В.М. Опыт минералогического землеописания России, в 2 ч. / В.М. Севергин. — СПб.: Тип. ИАН, 1808–1809. — Ч. 1. — 262 с.
11. Севергин, В.М. Способ испытывать минеральные воды, сочиненный по новейшим о сем предмете наблюдениям трудами Василия Севергина / В.М. Севергин. — СПб.: Тип. Гос. мед. коллегии, 1800. — 147 с.
12. Севергин, В.М. Записки путешествия по западным провинциям Российского государства, или минералогические, хозяйственные и другие примечания, учиненные во время проезда через оные в 1802–1803 гг. / В.М. Севергин. — СПб.: Тип. ИАН, 1803–1804. — Ч. 1. — 224 с.
13. Севергин, В.М. Описание Андреяпольских минеральных вод в Осташковском уезде Тверской губернии. Опыт и наблюдения, учиненные над минеральными водами в селе Высоком Кашинского уезда Тверской губернии // Труды ИАН. — СПб., 1821. — Ч. 1. — С. 209–218.
14. Фрадкин, Н.Г. Инструкция для академических экспедиций 1768–1774 гг. / Н.Г. Фрадкин // Вопросы географии. — 1950. — № 17. — С. 213–218.
15. Широкова, В.А. Гидрохимия в России. Очерки истории / В.А. Широкова. — М.: ИИЕТ РАН, 2010. — 274 с.
16. Юшкин, Н.П. История минералогии и эволюция фундаментальных минералогических идей / Н.П. Юшкин / Серия препринтов «Научные доклады». — Сыктывкар: Коми филиал АН СССР, 1984. — Вып. 102. — 52 с.
17. George, I.-G. Geographische-physikalische und naturhistorische Beschreibung des Russischen Reiches / I.-G. George.- Königsberg, 1797–1802. — 365 с.

© Широкова В.А., 2020

Широкова Вера Александровна // shirocova@gmail.com

ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

УДК 622.86+622.58:553.81

Атросенко Ф.Г. (АО «ВНИМИ»), Шкиль И.Э.
(ОАО «Севералмаз»)

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОПОНИЖАЮЩИХ СКВАЖИН ПРИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ АЛМАЗОНОСНЫХ ТРУБОК МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИМ. М.В. ЛОМОНОСОВА

В статье по данным наблюдений за ходом эксплуатации дренажного контура, созданного вокруг карьеров южной группы трубок месторождения им. М.В. Ломоносова,

приведены многочисленные факты, свидетельствующие о влиянии суффозионных процессов на состояние эксплуатируемых водопонижающих скважин (ВПС). На базе имеющихся данных за состоянием ВПС и теоретических исследований авторами обосновывается физическая модель формирования суффозионных полостей в прифильтовых зонах эксплуатируемых скважин дренажного контура, при которых возможно осуществление механизма обрушения грунта в перекрывающих отложениях с последующим нарушением целостности фильтровой колонны, произошедшего, к примеру, на ВПС 32. При различном состоянии целостности фильтровой колонны, распределения полостей вдоль фильтровой колонны и положении гравийной обсыпки в затрубном простран-

стве в статье даются практические рекомендации подготовки ВПС к дальнейшей эксплуатации. **Ключевые слова:** дренажный контур, водопонижающие скважины, суффозионные процессы, месторождение, гравийная обсыпка, прифильтровая зона.

Atroschenko F.G. (VNIMI), Shkil I.E. (SEVERALMAZ)
DEWATERING WELLS' EXPLOITATION IN THE
DEVELOPING OF THE DIAMOND PIPES OF THE
MINE BY M.V. LOMONOSOV

*In the article, according to the observation data of the drain circuit exploitation made around the quarries of the south group of pipes of the mine by M.V. Lomonosov, there were introduced many facts indicating the influence of the suffusion processes to the condition of the exploiting dewatering well. On the base of the given data of the condition DWW and theoretical investigations, the authors provide the physical model of the suffusion cavities at the filtered zones of the exploiting wells of the drain circuit where it is possible to get the mechanism of the soil's collapse in the overlapping deposits with the following violation of the integrity of the filter column which happened, for example, at DWW 32. Under the different conditions of the integrity of the filter column, distribution of cavities along the filter column and position of the grave sprinkle in the annulus of the well, it is given in the article the practical recommendation of the preparation of DWW to the following exploitation. **Keywords:** drain circuit, dewatering wells, suffusion processes, deposit, grave sprinkle, filter zone.*

В процессе плановых работ по замене и переустановке насосов на большую глубину и попутном обследовании состояния водопонижающих скважин (ВПС) строящегося дренажного контура для осушения карьеров трубок Архангельской и им. Карпинского-1 (рис. 1) было отмечено, что часть фильтровых колонн этих скважин оказались заполненными мелкозернистым песком в интервале глубин 194–220 м. А в ВПС 32, 34, 36 и 42 после извлечения насосов, замеренная глубина скважин была близка к проектной. Но при очистке забоя ВПС 36 и 32 их фильтровые колонны заполнились материалом обсыпки мощностью 53,7 и 87,5 м соответственно. Кроме того, в ВПС 28 при ее обследовании было обнаружено, что в интервале 139–220 м залегала гравийная обсыпка.

При попытке повторной чистки фильтровой колонны ВПС 32 на поверхности скважины произошло проседание почвы диаметром 5,5 м и высотой в центре 0,4 м. При забивке вибратором трубы вокруг ВПС 32 до глубины 24,5 м с целью перекрытия несвязных грунтов, перекрывающих образований, произошло самопроизвольное опускание техногенного грунта,

залегającego между стенками забивной трубы и фильтровой колонной на глубину 12 м.

В ВПС 23 после прокачки эрлифтом образовалась воронка на устье диаметром 4 м и глубиной 0,3 м по центру. После забивки вибратором трубы диаметром 630 мм на глубину 12 м вокруг устья скважины произошел провал грунта диаметром около 2,3 м и глубиной 0,5 м (рис. 2). Отсюда суммарный объем проседания грунта, а значит и объем пустот в прискважинном пространстве с учетом объема песка в фильтровой колонне будет как минимум 4 м³.

Анализ приведенных данных с учетом геолого-гидрогеологических условий, сложившихся на месторождении, однозначно показывает, что основной причиной возникновения аварийных ситуаций на ВПС дренажного контура явились суффозионные процессы, возникающие при эксплуатации водопонижающих скважин и вызывающие в осушаемом падунском комплексе в прифильтровых зонах образование свободных полостей.

На практике, по данным ряда исследователей [1, 3, 4], проникновение песчано-глинистых частиц в скважину обусловлено воздействием фильтрационного потока на осушаемый горизонт, в процессе которого происходит изменение его структуры за счет удаления отдельных частиц из околоскважинной зоны. При низких скоростях фильтрации силы сцепления между частицами превосходят силы гидродинамического давления, и суффозии не наблюдается. С увеличением скоростей фильтрации силы гидродинамического давления разрушают структурные связи между частицами. Скорости, при которых начинается разрушение структурных связей и начинается суффозия называют критическими. В реальных условиях на суффозионные процессы влияют не только скорости фильтрации, размер частиц и коэффициент трения породы, но и степень неоднородности частиц, кольматация пласта при вскрытии, характер освоения скважины и другие многочисленные факторы. При этом отмечается, что абсолютная скорость после установившегося режима фильтрации особенно для малых скоростей слабо влияет на вынос частиц. К резкой интенсификации выноса песчано-глинистых частиц приводит изменение скорости фильтрации как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения, т.е. вынос частиц существенно возрастает при дестабилизации режима фильтрации. Отметим, что в первые годы строительства скважин дренажного контура наблюдалась нестабильность энергоснабжения (количество аварийных остановок ВПС из-за отключений и переключений дизельных генераторов достигало 15 раз в течение одного календарного месяца [5]). В результате каждая остановка насоса, действующая как гидравлический

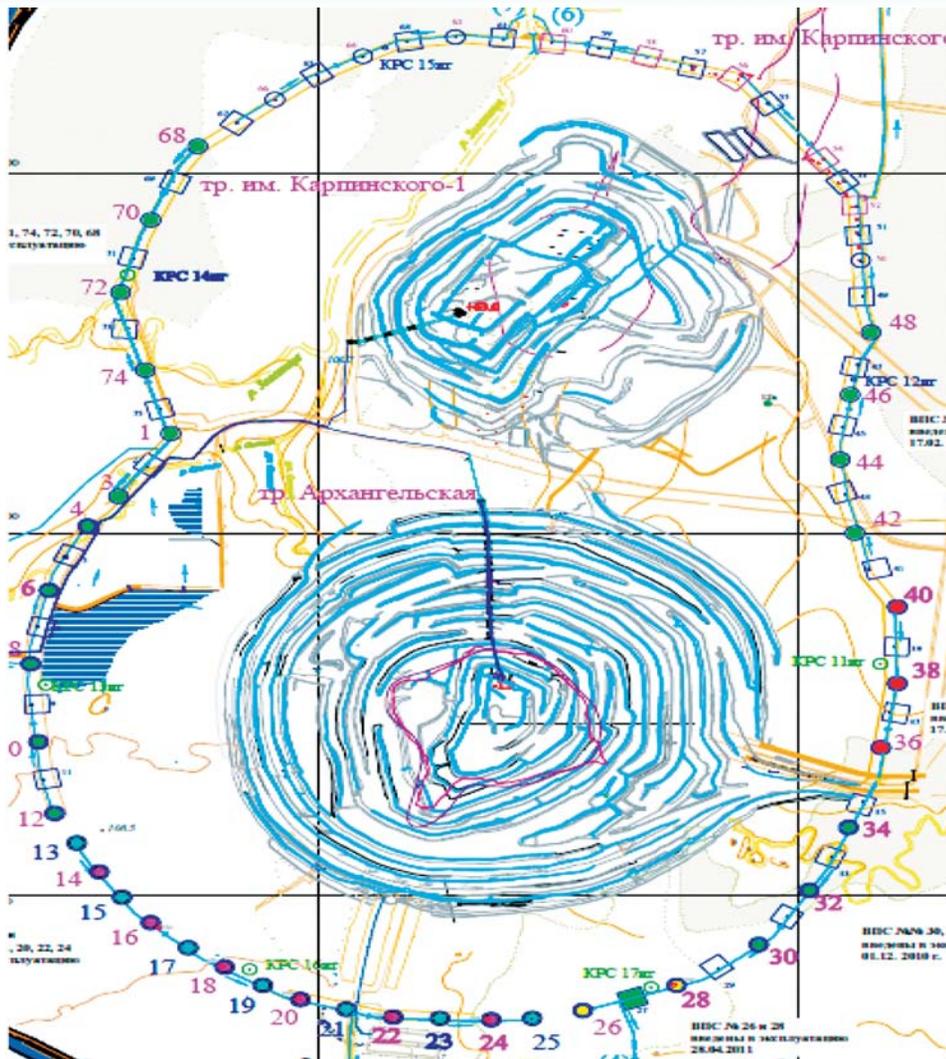


Рис. 1. Дренажный контур из 75 ВПС вокруг карьеров трубок Архангельской и им. Карпинского-1

удар в прискважинной зоне, приводит при возобновлении его работы к резкому возрастанию содержания взвешенных частиц (ВВ) в откачиваемой воде, повышая тем самым более частый выход насосов из строя.

Динамика развития суффозии в пластах, сложенных чередующимися слоями песков (слабыми песчаниками) и глинистыми породами, представлена на рис. 3. С увеличением объема каверны ее устойчивость снижается и при некоторых критических значениях происходит обрушение стенок, сопровождающееся резким увеличением объема песчано-глинистых частиц, поступающих в скважину. Как правило, в начальный момент откачки при резком снижении уровня в ее стволе возникает значительная депрессия на пласт. В этом случае при резком перепаде давлений на пласт часть породы из наиболее проницаемых

слоев (трещин) выносятся в скважину. В начальный момент включения насоса в профильтровых интервалах возникает разрыв потока, создается вакуум, способствующий подсосыванию в интервал основного потока песчано-глинистых частиц, заполняющих скважину [2].

Развитие суффозионного процесса при резких перепадах давления показано на рис. 4. В сложившихся на месторождении геолого-гидрогеологических условиях суффозионный процесс идет за счет выноса глинистого заполнителя горизонтальных и вертикальных трещин, развитых во вмещающих породах, с постепенным расширением этих трещин за счет выщелачивания глинистых и мелкозернистых частиц песка, слагающих литологические разности падуновской свиты. При этом размер песчано-глинистых частиц, заполняющих скважину, при принятой конструкции фильтров не может быть



Рис. 2. Провал на устье ВПС 23 (фото)

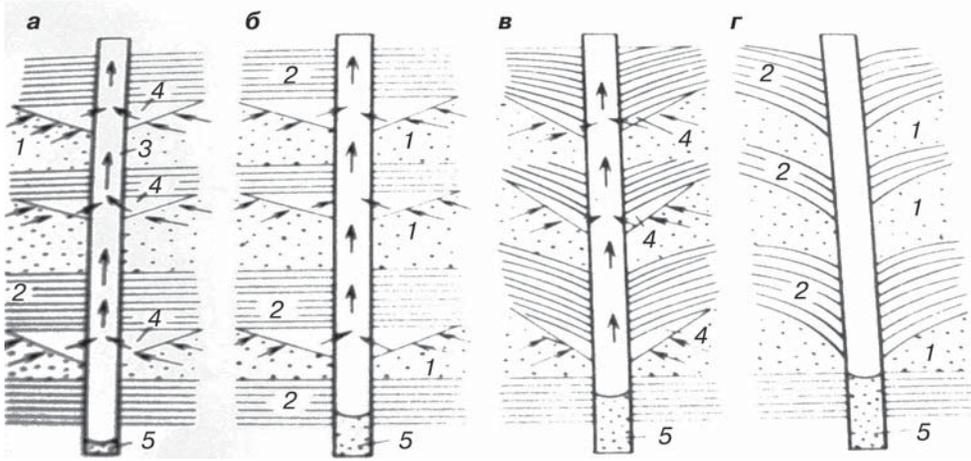


Рис. 3. Развитие суффозии в песчано-глинистых пластах (Башкатов А.Д., 1988): а — освоение скважины и образование воронок; б — развитие воронок; в — обрушение воронок; г — возможное экранирование фильтрующего интервала: 1 — песок; 2 — глинистая порода; 3 — скважина; 4 — каверна; 5 — песчаная пробка

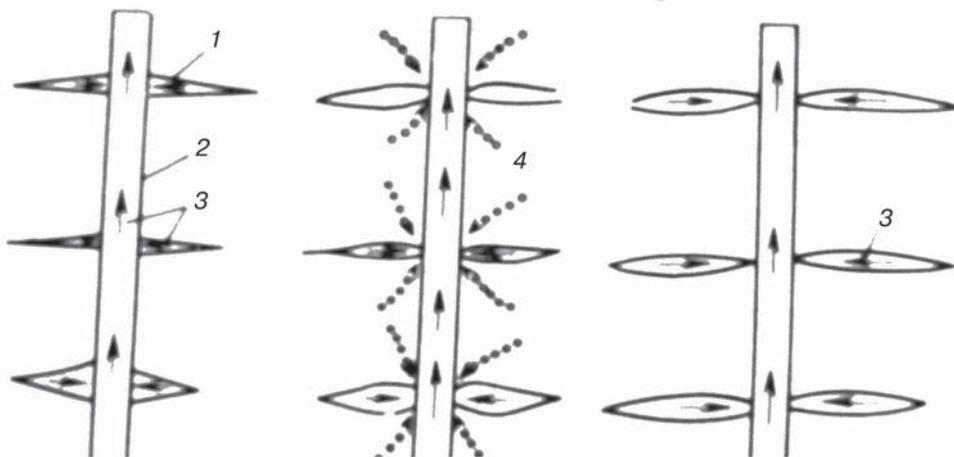


Рис. 4. Развитие суффозии в относительно устойчивых породах при резких перепадах давлений по Башкатову А.Д.: 1 — трещины или пропластки с повышенной проницаемостью; 2 — скважина; 3 — направление потока воды; 4 — направление перемещения породы

больше диаметра пор в созданном слое гравийной обсыпки. В частности, размер фракций песчано-глинистых частиц осадка во всех скважинах, кроме ВПС 28, 32 и 36 находился в пределах 0,01–0,05 мм [5]. В этой связи материал обсыпки, представленный гравием фракцией 2 мм, мог попасть в фильтровые колонны ВПС только в случае нарушения целостности проволоочной обвивки фильтра или самой колонны.

Механизм нарушения целостности фильтровой колонны представляется следующим:

1) исходя из геолого-гидрогеологических условий, литологического состава вмещающих и перекрывающих отложений, пустоты образовались по всей длине фильтровой колонны;

2) при создании вакуума в моменты включения насосов с высокой производительностью происходит

2). При этом табличные данные получены, исходя из следующих фактических данных: концентрации ВВ в откачиваемой жидкости на поверхность и объема песчаных частиц отложенных в призабойной части фильтровой колонны ВПС.

Расчет пустот проводился по следующей балансовой зависимости:

$$V_{об} = V_0 \times C / \delta + V_{п},$$

где $V_{об}$ — суммарный объем пустот, образовавшийся за счет выноса тонко- и мелкодисперсных частиц; V_0 — общий объем воды, откаченный за расчетный период эксплуатации обследованной ВПС; C — значение концентрации взвесей в откачиваемой воде в течение расчетного периода из конкретной скважины;

резкий перепад давления, при котором идет существенное всасывание песчано-глинистого материала в ствол скважины;

3) под действием всасывающего давления и гидродинамических ударов, создающихся при пусках насоса, в освобожденном от обсыпки пространстве может произойти вывал несвязных пород;

4) под действием силы удара вывала и всасывающего давления вызывается ускоренное падение столба обсыпки вглубь горизонта;

5) ускоренное падение обсыпки вдоль фильтровой колонны может на своем пути срывать проволоочную обвивку первого фильтрового интервала, а также привести к смятию стенки фильтровой колонны с образованием вертикальной трещины или к смещению обсадных труб на плохо сваренных стыках.

Оценка объема пустот, образовавшихся в массиве вмещающих пород в районе скважин, эксплуатируемых в данном типе геологического разреза, получена расчетным путем (табл. 1 и

Таблица 1

Фактические данные по объемам откаченной воды из обследованных ВПС и средним содержаниям в них взвешенных тонкодисперсных частиц

ВПС	Объемы откаченных вод — V_0 , тыс.м ³ и средняя концентрация ВВ — C , г/м ³									
	2009–2011		2012		2013		2014		до 01.06. 2015	
	V	C	V	C	V	C	V	C	V	C
16	18556	10.8	781.7	10.21	756.7	9.67	643.9	1.32	208.9	4.77
19	—	—	418.2	4.41	721.1	0.84	745.2	1.35	281.9	2.453
21	—	—	416.2	5.82	739.9	0.69	712.0	1.17	311.8	2.16
23	—	—	522.9	6.91	754.0	2.52	617.9	1.91	248.9	2.67
26	488	5.14	753.7	4.39	731.9	1.26	618.5	1.88	295.1	3.45
28	513.8	8.1	847.3	4.36	911.4	1.07	737.3	3.93	301.9	2.48
30	991.7	5.77	877.3	4.28	727.5	1.86	763.9	3.19	291.8	3.23
32	931.65	4.9	718.6	3.95	722.0	1.14	711.6	1.51	152.8	2.85
34	897.5	8.0	909.9	8.12	777.0	8.21	734.2	1.21	383.6	5.1
36	1647.3	2.6	677.2	4.7	856.3	1.17	666.8	2.19	331.3	2.52
38	1522.0	11.3	558.0	5.52	614.3	2.52	687.3	2.04	255.65	3.51
40	1664.3	5.6	636.8	4.9	769.2	1.05	747.2	0.9	484.9	7.0
42	—	—	—	—	—	—	727.3	1.74	446.6	2.18

Таблица 2

Расчетные значения объемов пустот, образовавшихся за время эксплуатации обследованных ВПС

ВПС	Объемы пустот, образовавшиеся за счет выноса ВВ с откачиваемой водой, м ³					Объем пустот за счет выноса песка в ствол скв., м ³	Общий объем пустот $V_{об}$, м ³
	2009–2011	2012	2013	2014	2015		
16	0.09	3.47	3.15	0.33	0.43	0.76	8.23
19	—	0.86	0.26	0.43	0.29	0.98	2.81
21	—	1.05	0.22	0.36	0.29	0.11	2.03
23	—	1.57	0.83	0.51	0.29	0.71	3.91
26	1.09	1.44	0.4	0.51	0.44	1.09	4.96
28	1.81	1.61	0.42	1.26	0.33	4.4*	5.43
30	2.49	1.63	0.59	1.06	0.41	0.16	6.3
32	1.98	1.23	0.36	0.47	0.19	5.51*	4.23
34	3.12	3.21	2.77	0.39	0.85	—	10.34
36	1.86	1.38	0.44	0.63	0.36	2.92*	4.67
38	7.48	1.34	0.67	0.61	0.39	1.43	11.92
40	4.05	1.36	0.35	0.29	1.48	—	8.14
42	—	—	—	0.55	0.42	—	0.97

Примечание * — обозначены объемы гравийной обсыпки в стволах скважин

$\delta = 2,3 \text{ т/м}^3$ — среднее значение плотности пород, в которых наиболее интенсивно происходили суффозионные процессы; $V_{п}$ — объем песчано-глинистых частиц, отложившийся в фильтровой колонне.

Отметим, что тектонические процессы, сопровождающие условия формирования алмазоносного месторождения, могли способствовать повышенному выносу песчано-глинистых частиц в районе ВПС

Таблица 3

Характер опускания обсыпки вглубь падунского комплекса в районе ВПС 34

№ п/п	Интервалы пустот, созданные при спуске обсыпки, м	Интервалы залегания песчано-глинистого слоя, м	Объем сформировавшихся пустот, м	Разрез по скв. 0711, совмещенный с интервалами залегания пустот в затрубном пространстве ВПС34
1	—	2.5–2.6	—	В интервале 0.0–2.5 м — между обсадной трубой и фильтровой колонной остался слой обсыпки, залегающий на цементном мосту
2	2.6–16.5	16.5–16.8	4.32	2.6–13 — обсадная труба; 13–14.2 — песок глинистый; 14.2–16.8 — глина пластичная
3	16.8–20.0	20.0–20.3	0.89	16.8–19.3 — глина пластичная; 19.3–20.3 — глинистые пески с включениями галечника
4	20.3–28.0	28.0–28.4	2.05	20.3–21.7 — галечник с тонкими слоями глины; 21.7–28.4 — переслаивание песка и суглинки;
5	28.4–41.0	41.0–44.0	4.18	28.4–32.5 — глинистый песок; 32.5–33.4 — галечник; 33.4–35.4 — песчаник, С ₂ ur; 35.4–36.3 — алеврит, Vpd; 36.3–44 — песчаник, Vpd
6	44.0–50.0	50.0–50.5	1.78	44–50.5 — песчаник, Vpd
7	50.5–53.0		0.68	50.5–53.0 — песчаник, Vpd

Примечание. Уровень грунтовых вод на момент запуска ВПС 34 в эксплуатацию находился на глубине порядка 14 м

16–23 и 34–37, расположенных или на оси рудообразующего разлома, или в зоне с повышенной трещиноватостью, созданной в массиве при формировании его оперяющих трещин.

С целью подтверждения полученных выше расчетных значений выноса песчано-глинистых частиц и понимания физической сути процесса обрушения грунта в перекрывающих образованиях с возможным нарушением целостности фильтровых колонн были проанализированы выявленные случаи образования проседания грунта вокруг устьев ВПС 23 и 32 и данные обследования ВПС 34 и 38.

При забурировании скважины малого диаметра на расстоянии менее 3 м от устья ВПС 32 уровень отсыпки был отмечен на глубине 32 м. В этом случае объем пустот в падунском комплексе в около скважинном пространстве, с учетом провала грунта в межтрубье, составляет 7,5 м³. Однако этот расчетный объем пустот в прискважинном пространстве является заниженным, т.к. не все пустоты могли оказаться заполненными обсыпкой, из-за того, что произошло нарушение целостности фильтровой колонны и обсыпке стало энергетически выгоднее проникать в пустой ствол скважины, чем преодолевать силы трения — в оставшиеся суффозионные пустоты.

Особо следует остановиться на данных обследования ВПС 34 и 38, более полно характеризующие физическую суть процесса обрушения грунта в перекрывающих образованиях и возможного нарушения целостности фильтровых колонн.

К примеру, в ВПС 38 за счет повышенной концентрации взвесей в откачиваемой воде, расчетный объем пустот в прискважинной зоне составил почти 12 м³. Расчетные данные подтверждены по скважине тем, что объем дополнительной обсыпки составил 8 м³. Но ни провала возле устья скважины, ни нарушения фильтровой колонны (кроме отверстия на глубине 21 м, через которое в фильтровую колонну поступали воды урзугских отложений) не отмечено. Данное обстоятельство связано с тем, что обсадная труба, перекрывающая четвертичные и урзугские отложения, после окончания бурения скважины не была извлечена. По этой причине опускание обсыпки в нижние слои падунского комплекса по объединенным пустотам происходило между фильтровой колонной и указанной обсадной трубой (Ø630) без обрушения четвертичных и урзугских пород. При этом снижение уровня обсыпки в затрубном пространстве, вероятнее всего, шло поэтапно, (см. ниже о характере развития полостей в районе ВПС 34), а не одновременно в результате создания вакуума или при ударе обрушивающимися вышележащими песчано-глинистыми породами, как это произошло в ВПС 28, 32 и 36. В ВПС 34 выявлено, что гравийная обсыпка при заполнении пустот, образовавшихся в падунском комплексе, опустилась на глубину до 53 м. При этом опускание обсыпки вглубь горизонта происходило поэтапно (табл. 3). Анализ табличных данных показывает, что в каждый этап входит: а) период формирования некоторого объема пустот в массиве падунского

комплекса; б) объединение пустот, сформированных в вертикальных и горизонтальных трещинах; в) заполнение некоторого объема пустот гравием под тяжестью столба обсыпки.

Таким образом, процесс формирования в осушаемом пласте начального свободного пространства, в которое может опускаться обсыпка, освобождая затрубное пространство скважины, происходит следующим образом.

Первоначально в пласте образуется сеть разнокалиберных пустот, соединяющихся через узкие ходы, и даже перекрытых тонкими перемычками. При увеличении объемов пустот (расширении узких ходов между пустотами и уменьшении толщины перемычек) с момента превышения сил давления, создаваемого столбом обсыпки, над силами трения происходит продавливание гравия вглубь разреза. Опускание обсыпки идет до тех пор, пока силы трения не сравняются с давлением веса столба обсыпки над первой каверной. В промежутках между формированием дополнительных объемов пустот в обводненном массиве падунского комплекса и очередным этапом опускания обсыпки на новую глубину на поверхности гравия создавалась перемычка из песчано-глинистого материала, вымываемого из перекрывающих пород. Сопоставление разреза по скважине, пробуренной в 45 м от ВПС34 с этапами формирования пустот и песчано-глинистых перемычек показывает, что мощность перемычки оказалась в прямой зависимости от мощности глинистых песков в интервале глубины, на которую опускался гравий.

По аналогии с ВПС 34 можно предположить, что в грунтах, прилегающих к фильтровым колоннам водопонизительных скважин 23, 28, 32 и 36 также есть пустоты объемом не менее 10–15 м³. В районе прискважинных зон ВПС 16, 19, 21, 26 и 30 объем образовавшихся пустот, скорее всего, колеблется в пределах 4–10 м³, однако провалов вокруг устьев указанных скважин при их чистке не наблюдалось. Это может свидетельствовать о том, что вынос частиц здесь происходил из разных слоев разреза, а пустоты, образовавшиеся в них, пока оказались не связанными в единое пространство.

Таким образом, в скважинах, в которых обсадная труба, изолирующая обводненные слабосвязанные грунты перекрывающих пород, была извлечена, и в момент начала чистки скважины, сопровождающейся включением насоса с высокой производительностью под воздействием мощной депрессии на пласт и вибрационного колебания приустьевой части скважины происходил вывал слабосвязанных пород. Под действием удара падающего вывала пород на кровлю

обсыпки, которая к этому времени опустилась на глубину 20–30 м, и всасывающего давления было вызвано свободное падение обсыпки вдоль ствола скважины. Именно процесс падения столба обсыпки вдоль фильтровой колонны скважины вызвало ВПС 28, 32 и 36 не только смещение проволоочной обвивки фильтра, но, возможно, и смятие фильтровой колонны с образованием вертикальной трещины или смещение части колонны на участке плохо сваренных между собой труб.

Выводы

В ВПС 14-40, введенных в эксплуатацию в 2009–2012-х годах, полости в прискважинных зонах уже достигли объемов, при которых возможно осуществление механизма обрушения грунта в перекрывающих отложениях с последующим нарушением целостности фильтровой колонны, произошедшего, к примеру, на ВПС 32. Однако, благодаря существенной анизотропии отложений вдоль и вкрест их простираения, не все образовавшиеся полости в прискважинной зоне объединились в единую систему, потому и вышеуказанный процесс пока не реализовался.

При обследовании эксплуатируемых ВПС (пробуренных и запущенных в эксплуатацию в 2009–2012-х годах) необходимо провести визуальный осмотр фильтровой колонны на предмет возможного ее нарушения, а затем провести обследование состояния массива и обсыпки в затрубном пространстве с применением акустического каротажа скважины, разрешимость которого позволяет выявить распределение пустот в затрубном пространстве.

Если нарушение целостности фильтровой колонны не обнаружено, то возможны следующие варианты подготовки ВПС к дальнейшей эксплуатации.

Вариант 1. Если по данным акустического каротажа обсыпка зависла в пределах перекрывающих отложений, уровень которой расположен вблизи устья скважины, то для предотвращения потенциально возможного процесса мгновенного падения обсыпки вглубь разреза необходимо суффозионные пустоты в падунских слоях заполнить гравийной обсыпкой путем вибрационного уплотнения массива пород. После этого необходимый объем обсыпки досыпать в затрубное пространство, и при необходимости провести чистку скважины.

Вариант 2. При зачистке ствола скважины произошло проникновение обсыпки в фильтровую колонну. В этом случае очередность действий должна быть следующей:

провести визуальный осмотр фильтровой колонны на предмет выявления местоположения возможного нарушения;

если нарушение располагается в пределах фильтра, эти работы следует прекратить и только после ввода в эксплуатацию всех ВПС дренажного контура по данным наблюдений решить вопрос о целесообразности перебуривания бракованной скважины;

ВПС, не подлежащая ремонту, должна быть переведена в статус перепускной скважины, фильтровая колонна которой во избежание заиливания заполняется гравийной обсыпкой фракцией 20–25 мм. Фильтровая колонна извлекается для дальнейшего ее использования при бурении новых скважин различного назначения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Башкатов, А.Д. Предупреждение пескования скважин / А.Д. Башкатов. — М.: Недра, 1991 — С. 177.

2. Башкатов, А.Д. Предупреждение пескования скважин / А.Д. Башкатов, Д.В. Касаткин // Специальные строительные работы. — Вып. 12. — М.: ЦБНТИ, 1988. — С. 12–38.

3. Башкатов, А.Д. Сооружение гравийных фильтров за рубежом / А.Д. Башкатов и др. // Техника и технология геологоразведочных работ; организация производства. — М.: ВИЭМС, 1985. — С. 4–12.

4. Гаврилко, В.Н. Фильтры буровых скважин / В.Н. Гаврилко, В.С. Алексеев. — М.: Недра, 1985. — 135 с.

5. Давыдов, А.С. Технические аспекты сооружения и эксплуатации системы осушения при отработке месторождения алмазов им. М.В. Ломоносова / А.С. Давыдов, А.А. Костылев, И.Э. Шкиль // Горный журнал. — 2012. — № 5. — С. 29–34.

© Атрощенко Ф.Г., Шкиль И.Э., 2020

Атрощенко Федор Григорьевич // fatroschenko@mail.ru
Шкиль Ирина Эдуардовна // shkilie@severalmaz/alrosa.ru

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 546.791:549.514.81

Казанцев В.В. (АО «ВНИИХТ»), Петрин А.В.,
Дубинчук В.Т. (ФГБУ «ВИМС»)

О ФОРМАХ НАХОЖДЕНИЯ УРАНА В ГИДРОЦИРКОНЕ

Приведены примеры изучения закономерностей распределения и форм нахождения урана в метакolloидном урансодержащем гидроцирконе, локализованном в осадочных породах Северочешской меловой плиты. Установлено, что уран в минерале находится в двух формах — изоморфной и в виде микровключений собственных минеральных фаз.
Ключевые слова: уран, гидроциркон, электронномикроскопия, микровключения, коффинит, микродифракция.

Kazantsev V.V. (All-Russian institute of chemical technology), Petrin A.V., Dubintchuk V.T. (VIMS)

ON THE MODES OF OCCURRENCE OF URANIUM IN THE HYDROZIRCON

Examples of the study of patterns of distribution and modes of occurrence of uranium in uranium bearing metacolloidal hidrozircon localized in sedimentary rocks of the Cretaceous Severocesky plate, it was found that the uranium mineral is in two forms — isomorphic in the form of microinclusions own mineral phases.
Keywords: uran, hidrozircon, electronmicroscopy, microinclusions, coffinite, microdiffraction.

Гидроциркон, впервые обнаруженный в осадочных и пирокластических породах Северного Кавказа (описан в литературе под названием аршиновит [7] и гидроциркон, установленный в цементе аркозовых песчаников формации Винд-Ривер штат Вайоминг США [11], в своем составе содержит первые десятые доли процента урана (соответственно 0,11 % и 0,40–0,60 %), что практически отвечает содержанию урана в обычных акцессорных цирконах. При близости таких типоморфных форм как: морфология выделений, состав, структурные характеристики, показатель преломления, твердость — гидроциркон, находящийся в песчано-глинистых меловых отложениях Северной Чехии, характеризуется существенно повышенными (на порядок и более) содержаниями урана [1, 15]. Изучению кристаллографических и структурных особенностей, химического состава гидроциркона, а также его минеральных ассоциаций посвящены работы многих исследователей [8, 13]. Однако в них недостаточно полно рассмотрен вопрос, касающийся выяснения особенностей связи и форм нахождения урана в минерале.

Содержание урана в гидроцирконе непостоянно, минимальные его значения составляют первые десятые доли процента, максимальные — достигают целых процентов и обычно колеблются в интервале 1–4 % (определения проводились химическим, люминисцентным, рентгенактивационным методами). Крайне малые размеры и дисперсный характер выделений