

## ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ И МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПЕСКОВ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ

Слободчикова Е. Е.

Научный руководитель Грязнов О. Н., д-р геол.-минерал. наук, профессор  
ОАО Институт «УРАЛНИИАС»

При исследованиях аллювиальных песков четвертичных отложений Среднего Приобья была поставлена задача выявить зависимость между их гранулометрическим и минеральным составом.

Исследования проводились на месторождениях «Приобское» и «Карьер», расположенных в Ханты-Мансийском автономном округе. Район работ относится к центральной части Западно-Сибирской равнины – Среднеобской низменности [4, 6]. При исследованиях сравнивались разномерные и среднемерные аллювиальные пески четвертичных отложений кварцевого и кварц-полевошпатового состава. По исследуемому району разномерные и среднемерные аллювиальные пески характеризуются как пески средней плотности, разной степени окатанности, насыщенные водой с примесью пылеватых и глинистых частиц.

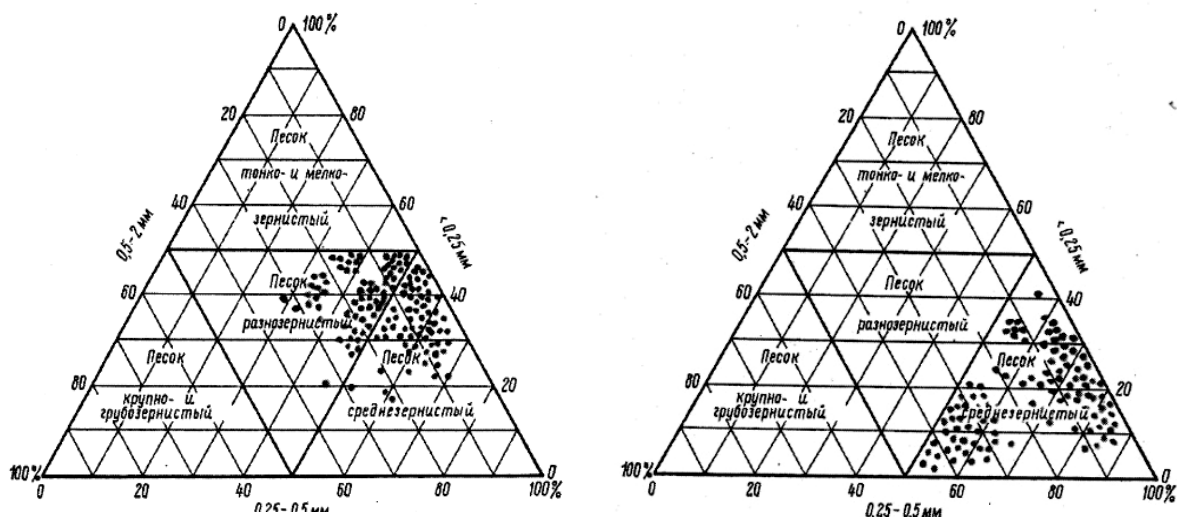
Гранулометрический состав определяется по ГОСТ 12536-79 [10]. Наиболее употребительными способами графического изображения состава пород являются диаграммы, треугольники и кривые однородности. На треугольнике можно изобразить результаты многих анализов, причем в зависимости от степени однородности состава породы точки в треугольнике будут располагаться различно [7].

На месторождении «Приобское» разномерные и среднемерные пески по минеральному составу кварц-полевошпатовые, серого и желто-серого цвета. Содержание кварца – 62 %, полевых шпатов – 31 %, темноцветных минералов – 7 % [2,3]. По степени неоднородности ( $C_n$ ) пески неоднородные.

По минеральному составу пески на месторождении «Приобское» олигомиктовые (малосмешанные).

На месторождении «Карьер» пески среднемерные, кварцевого минерального состава, серого цвета. Пески мономинеральные. Содержание кварца – 98 %, темноцветных минералов – 3 % [1]. По степени неоднородности ( $C_n$ ) пески однородные. Степень неоднородности ( $C_n$ ) определяется по ГОСТ 25100-2011 [11]. На рисунке 1 приводятся результаты анализов гранулометрического состава песков по исследуемому району.

При изучении песков, для определения минерального состава зерен обычно пользуются не шлифами, а иммерсионным методом. Минеральный состав песков зависит от состава исходных пород, условий их выветривания, характера и продолжительности переноса. Минеральный состав определяет форму, прочность, химическую стойкость песчаных зерен. Гранулометрический состав определяет физические свойства песков. От него зависят такие важные свойства, как пористость, сопротивление сдвигу, сжимаемость, усадка, высота капиллярного поднятия, водопроницаемость и др. Гранулометрический состав, неоднородность, форма, степень окатанности обломков определяют водно-физические и механические свойства песков. Прочностные характеристики песков повышаются с увеличением размера и угловатости обломков. С увеличением содержания пылеватой фракции усиливается размываемость, сжимаемость, ослабляется устойчивость пород в фильтрующихся откосах. Гранулометрический, или механический, состав характеризует пески в отношении их дисперсности – размеров слагающих их частиц, т. е. дает количественную характеристику структуры [5, 8, 9]. Гранулометрический и минеральный состав являются важнейшими характеристиками песков, дают возможность оценить их физико-механические свойства и решить вопрос об использовании в строительстве [7].



а) Кварц-полевошпатовый песок месторождения «Приобское»

б) Кварцевый песок месторождения «Карьер»

Рисунок 1 – Гранулометрический состав разнозернистых и среднезернистых песков Среднего Приобья

Проведенные исследования свидетельствуют, что разнозернистые и среднезернистые олигомиктовые пески кварц-полевошпатового минерального состава месторождения «Приобское» – неоднородные, а среднезернистые мономинеральные пески кварцевого минерального состава месторождения «Карьер» – однородные.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Парюшкина О. В., Мамина Н. А., Кизяев В. Н. Перспективы освоения Обских аллювиальных и водораздельных песков Западной Сибири // ГУП институт ВНИПИИстромсырье. Стекло и керамика. 2000. № 9.
2. Тамакулова Н. О., Самойленко Г. И. Отчет ВЛ 110 кВ ГТЭС Приобского месторождения – ПС 110 кВ Парфеновская / ООО НПЦ «Медиан-Маркет», 2007-2010.
3. Печенкин В. М., Ли И. П., Отчет ПС 110/35/10 кВ в районе г. Лянтор с ВЛ 110 кВ от опоры № 24 трассы ВЛ 110 кВ «Пимская - Контур» и «Пимская - Транспортная» до ПС 110/35/10 кВ в г. Лянтор Тюменской области, ХМАО / ОАО институт «УРАЛНИИАС», 2009.
4. Геология СССР. Том XII. Пермская, Свердловская, Челябинская и Курганская области. Книга I-II. Геологическое описание / Ред. П. И. Аладинский. – М.: Недра, 1969.
5. Ломтадзе В. Д., Физико-механические свойства горных пород. Методы лабораторных исследований: учеб. пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Недра, 1990.
6. Сергеев Е. М. Инженерная геология. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978.
7. Лысенко М. П. Состав и физико-механические свойства грунтов. – М.: Недра, 1980.
8. Швецов М. С. Петрография осадочных пород. – М.: Госгеолтехиздат, 1958.
9. Трофимов В. Т., Грунтоведение. 6-е изд. перераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 2005.
10. ГОСТ 12536-79. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. Введ. 1980-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 1980.
11. ГОСТ 25100-2011. ГРУНТЫ. Классификация. Введ. 2013-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2013.

## ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ ОТКАЧЕК В СЛОИСТЫХ ПЛАСТАХ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Тагильцев В. С., Вятченников В. А.  
ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

На территории нефтедобывающих районов Западной Сибири эксплуатируется большое количество водозаборов подземных вод. Оценка эксплуатационных запасов по многим ныне действующим водозаборам была выполнена на основе гидродинамической схемы безграничного однородного изолированного пласта. Эта гидродинамическая схема предопределяет нестационарный режим эксплуатации водозаборов. Многолетняя добыча подземных вод показала, что подавляющее большинство водозаборов эксплуатируется в стационарном режиме, т. е. при постоянном дебите и постоянном уровне, причем стационарный режим наступает, как правило, за несколько суток. Одной из главных причин несоответствия прогнозных расчётов и реальных условий эксплуатации является неверный выбор исходной расчётной гидродинамической схемы водоносного пласта.

В последние годы начался процесс признания ситуации, что большинство водозаборов эксплуатируются в условиях реализации схемы водоносных пластов с перетеканием. При использовании схемы пласта с перетеканием на первый план выходит задача качественного определения расчётных гидродинамических параметров. Следует отметить, что методика определения параметров в условиях пластов с перетеканием имеет очень существенные отличия от методических приемов расчета параметров в условиях схемы безграничного пласта. Данное обстоятельство обычно не учитывается в практике гидрогеологических работ, что приводит к значительным погрешностям в определении гидродинамических параметров. Значения параметра водопроницаемости нередко завышаются в два-три раза, коэффициента пьезопроводности – примерно на порядок, значения параметра перетекания – в десятки раз [3-5].

Основные теоретические решения и методические рекомендации по определению гидродинамических параметров пластов в условиях перетекания были разработаны и опубликованы в 60-е – начале 70-х г. г. прошлого века [1, 2, 6]. В последующие годы основы расчётов откачек в пластах с перетеканием рассматривались в учебниках и методических рекомендациях. К сожалению, указанные разработки и, соответственно, отличительные особенности методических подходов к определению параметров не получили широкого распространения при проведении и обработке откачек. Необходимо отметить несколько основных характерных особенностей получения расчетных параметров. Основные отличительные особенности можно обозначить с помощью нескольких основных понятий. К важным понятиям, отражающим особенности обработки откачек относятся: квазистационарный режим, коэффициенты наклона касательных прямых в точках перегиба расчётных участков графиков, неоднородность пласта, ложная стабилизация.

Основные наиболее часто применяемые расчетные приемы разработаны для части депрессионной воронки, в которой развивается квазистационарный режим. В зоне квазистационарного режима форма депрессионной воронки не меняется. В безграничных изолированных пластах радиус зоны квазистационарного режима составляет 10-20 % от размеров депрессионной воронки. В пластах с перетеканием эта величина значительно меньше. Согласно теоретическим решениям, в пределах допустимой погрешности, радиус зоны квазистационарного режима составляет десятую часть от параметра перетекания ( $0,1 B$ ). Радиус депрессионной воронки для большинства водозаборов в условиях перетекания составляет (4-5)  $B$ .

Обычная методика определения параметров может применяться только в зоне квазистационарного режима. Если принимать, что условное среднее значение параметра перетекания составляет примерно 500 м, то получается, что обычные расчетные приемы применимы для наблюдательных скважин, которые находятся на расстоянии не более 50 м от центральной скважины. В этих случаях обычные расчетные методики, применяемые к

скважинам, удалённым от центральной на несколько десятков и сотен метров, приводят к значительным погрешностям в определении параметров пласта.

Для временных графиков, полученных в условиях перетекания, характерна соответствующая форма с наличием точки перегиба [1, 2, 6]. Гидродинамический смысл точки перегиба заключается в том, что до точки перегиба реализуется схема безграничного пласта, а после точки перегиба график отражает развитие перетекания. Развитие перетекания выражается в постепенном уменьшении наклона (выполаживании) графика. Для скважин, которые находятся в зоне квазистационарного режима, точка перегиба выражена очень слабо, и может диагностироваться по выполаживанию графика и дальнейшей стабилизации.

Существенным источником ошибок в определении параметров является применение площадных графиков прослеживания понижения ( $S - \lg r$ ). Обычный график, построенный в координатах  $S - \lg r$ , применим только в условиях квазистационарного режима. Важным ограничением для применения площадных методов прослеживания понижения являются очень жесткие требования (с теоретических позиций) к условию однородности пласта. Даже относительно умеренная неоднородность пласта в плане (изменение фильтрационных свойств в 2-3 раза) приводит к существенным погрешностям в результатах расчетов с помощью площадных графиков. Поэтому в большинстве случаев площадные методы расчетов могут иметь только вспомогательное значение и применяться после установления, с помощью временных или комбинированных графиков, однородности пласта.

В тех случаях, когда значение водоотдачи в процессе откачки изменяется в десятки раз, уклон кривой в точке перегиба, на этапе ложной стабилизации, определяется только соотношением коэффициентов водоотдачи [2]. Практически, переходный этап графика имеет уклон, который отличается от уклона расчетного участка графика не более чем в 2-3 раза. В ряде случаев нужен специальный анализ для выделения участка графика, отражающего изменение водоотдачи. Это связано с тем, что изменение наклона графика является очень небольшим. В этих случаях понятие «ложная стабилизация» является на самом деле ложным, так как не соответствует фактической форме временных графиков.

Таким образом, можно считать, что методика обработки данных откачек, проведенных в пластах с перетеканием, имеет существенные отличия от методики обработки откачек в безграничных пластах. Игнорирование этих особенностей приводит к существенным ошибкам в определении гидродинамических параметров и неверной оценке общей гидродинамической ситуации. При интерпретации данных откачек следует опираться на графоаналитические методы обработки временных графиков прослеживания понижения. Использование эталонных кривых в большинстве случаев не дает хороших результатов. Применение графиков площадного прослеживания понижения обычно приводит к существенным ошибкам. При планировании и проведении откачек необходимо учитывать, что качество получаемой информации зависит от расположения наблюдательной скважины относительно центральной. Наиболее надежные результаты могут быть получены по наблюдательным скважинам, которые располагаются относительно близко от центральной (опытной) скважины.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Моркос Н. З., Манукьян Д. А. Методика определения гидрогеологических параметров двухслойной среды по данным опытных работ // Разведка и охрана недр. 1968. № 10. С. 38-43.
2. Опытнo-фильтрaционные работы / Под ред. Шестакова В. М., Башкатова Д. Н. – М.: Недра, 1974. 204 с.
3. Тагильцев В. С., Тагильцев С. Н. Гидродинамические особенности разведки и эксплуатации водозаборов в нефтегазодобывающих районах Западной Сибири // Подземная гидросфера: Матер. Всерос. совещ. по подземным водам Востока России. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2006. С. 298-301.
4. Тагильцев С. Н., Тагильцев В. С., Лукьянов А. Е. Особенности и недостатки оценки эксплуатационных запасов пресных подземных вод на территории Западной Сибири // Питьевые подземные воды. Изучение, использование и информационные технологии: Матер. междунар. научно-практ. конф. Моск. обл., пос. Зелёный, 2011. Т. 2. С. 25-38.
5. Шестаков В. М. Гидрогеодинамика: учебник. – М.: Изд-во КДУ, 2009. 368 с.
6. Шестаков В. М., Невечеря И. К., Авилина И. В. Методы расчётов опытных откачек в водоносных пластах с перетеканием. – М.: Научный мир, 2011. 144 с.

## ЗАВИСИМОСТЬ РАЗМЕРОВ ДЕПРЕССИОННОЙ ВОРОНКИ ОТ ДЕБИТА СКВАЖИН

Тагильцев В. С.

ФГБОУ «Уральский государственный горный университет»

При обработке данных опытно-фильтрационных работ, подсчете эксплуатационных запасов подземных вод и прогнозе водопритоков в горные выработки, как правило, не рассматривается взаимосвязь дебита скважины (колодца, шахтного ствола, карьера) и размеров депрессионной воронки. Такая практика основывается на наиболее часто применяемых аналитических зависимостях гидрогеодинамики. Теоретический анализ исходных уравнений показывает, что взаимосвязь дебита и размеров депрессии существует, и необходимо оценивать влияние этого фактора для повышения качества гидрогеологических расчетов и прогнозов.

В качестве основной гидродинамической схемы при проведении опытно-фильтрационных работ обычно применяется схема безграничного изолированного пласта. В природных условиях схема безграничного изолированного пласта относительно часто реализуется на начальном этапе откачек из скважин, но очень редко встречается при эксплуатации водозаборов. Основной гидродинамической схемой, к которой обычно сводятся условия проведения опытных и эксплуатационных откачек, является схема пласта с перетеканием.

При относительно длительных откачках, не превышающих по длительности 15÷20 суток, как правило, наступает стабилизация депрессионной воронки. В этих случаях реализуется схема перетекания из пласта с постоянным напором. При реализации этой гидродинамической схемы обычно не важно, что обеспечивает стабилизацию уровней: собственно водообильный пласт, из которого происходит перетекание или питающие границы (водотоки, водоемы) взаимодействующие с этим пластом.

Оценка размеров депрессии в водоносных горизонтах с перетеканием из пластов с постоянным напором базируется на уравнении, описывающем стационарный режим депрессии при перетекании:

$$S = \frac{Q}{2\pi T} K_0(r/B), \quad (1)$$

где  $Q$  – дебит откачки, м<sup>3</sup>/сутки;  $S$  – понижение уровня;  $T$  – водопроводимость пласта, м<sup>2</sup>/сутки;  $K_0(r/B)$  специальная функция;  $r$  – расстояние до точки, где измеряется понижение уровня;  $B$  – параметр перетекания.

Если выполняется условие  $r/B < 0,1$ , то уравнение (8) можно использовать в виде

$$S = \frac{Q}{2\pi T} \ln \frac{1,12B}{r}, \quad K_0(r/B) \approx \ln \frac{1,12B}{r}. \quad (2)$$

При формальном сопоставлении уравнения (9) с формулой Дюпюи получается, что для оценки условного радиуса питания можно использовать выражение

$$R_{\pi} = 1,12 B. \quad (3)$$

При обработке данных центральных и ближних наблюдательных скважин, выражение (3) удобно применять, но следует помнить, что величина  $R_{\pi}$  (условный радиус питания) носит формальный характер и не имеет прямой связи с размерами депрессионной воронки.

Для оценки значения радиуса влияния в пластах с перетеканием можно использовать рассуждения, аналогичные примененным [1, 2] для безграничных пластов. Если применить для границы депрессии  $S_{\min} = 0,01$  м, и задаваться отношением  $Q/T$ , то можно получить значение  $K_0(R_{\text{вл}}/B)$ :

$$K_0(R_{\text{вл}}/B) = 2\pi \frac{T}{Q} S_{\min} \quad (4)$$

Далее отношение  $R_{\text{вл}}/B$  рассчитывается с помощью таблицы функции  $K_0(R_{\text{вл}}/B)$  [3]. Результаты расчетов показывают, что при небольших дебитах откачек относительно водопроводимости пласта, радиус влияния может быть меньше параметра перетекания. При

возрастании отношения отношения  $Q/T$ , существенно увеличивается значение соотношения  $R_{вл}/B$ .

Таблица 1 – Результаты расчета зависимости  $R_{вл}/B$  от  $Q/T$

$Q/T$	0,1	0,2	0,5	1,0	5,0	10	20	50	100
$R_{вл}/B$	0,75	1,2	1,9	2,5	3,9	4,5	5,2	6,0	6,6

Для оценки реальных значений радиуса влияния можно рассмотреть условие эксплуатации водозаборов, расположенных на территории газодобывающих регионов Западной Сибири. Большинство водозаборов эксплуатируют олигоценый водоносный горизонт, залегающий на глубине 100÷200 м. Все водозаборы работают в стационарном режиме, реализуется схема перетекания из пласта с постоянным напором. Верхний четвертичный водоносный горизонт, из которого происходит перетекание, пополняется ресурсами многочисленных рек, озер и болот.

Крупные городские водозаборы эксплуатируются с дебитами десятки тысяч м<sup>3</sup>/сутки. Значение параметра водопроницаемости основного горизонта варьирует от 200 до 1000 м<sup>2</sup>/сутки. Соответственно, отношение  $Q/T$  по крупным водозаборами составляет от 20 до 100, а  $R_{вл}/B=5÷7$ . Если ориентироваться на среднее значение параметра перетекания равное 500 м, то радиус влияния крупных водозаборов можно оценивать величиной в 2,5÷3,5 км. Мелкие одиночные водозаборы с эксплуатационным дебитом десятки-сотни метров кубических в сутки создают депрессионные воронки, радиус которых, как правило, не превышает 1 км. Большинство водозаборов не взаимодействует между собой.

При оценке влияния водозаборов на подземную гидросферу необходимо учитывать реальные условия наблюдений. Режимные скважины, расположенные за пределами депрессионной воронки, можно рассматривать только как фоновые, отражающие естественный режим подземных вод. Естественные колебания уровней в регионе составляют примерно 2 м в год. В течение эксплуатации уровенный режим можно отследить, если техногенное понижение будет достигать 0,5÷1,0 м. Это условие накладывает определенные ограничения на расположение наблюдательных скважин. Расчеты показывают, что надежные результаты наблюдений можно получить по скважинам, которые располагаются на расстояниях не более половины радиуса депрессионной воронки.

Таким образом, Анализ базовых уравнений скважинной гидрогеодинамики показывает, что размер депрессионной воронки зависит от соотношения дебита скважины (водозабора, шахтного ствола, карьера) и значения водопроницаемости пласта. При относительно небольших дебитах расчетные размеры депрессии уменьшаются в несколько раз. Размеры депрессионных воронок в пластах с перетеканием определяются соотношением радиуса влияния с параметром перетекания. При относительно небольших дебитах радиусы депрессии имеют значения меньше величины параметра перетекания. При эксплуатации крупных водозаборов радиус депрессии превышает значение параметра перетекания в 5÷7 раз. Надежное отслеживание техногенных изменений уровней подземных вод возможно при использовании наблюдательных скважин, которые располагаются не далее половины радиуса влияния от центра депрессии.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бочевер Ф. М. Теория и практические методы гидрогеологических расчетов эксплуатационных запасов подземных вод. – М.: Недра, 1968. 328 с.
2. Шестаков В.М. Гидрогеодинамика: учебник. – М.: КДУ, 2009. 334 с.
3. Синдаловский Л.Н. Справочник аналитических решений для интерпретации опытно-фильтрационных опробований. – СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2006. 769с.

## ПАРАМЕТРЫ ПОСТЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ТЕХНОГЕНЕЗА В ЗОНЕ ДЕГТЯРСКОГО МЕДНО-КОЛЧЕДАННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Царегородцева А. А.<sup>1</sup>, Елохина С. Н.<sup>1,2</sup>, Шараев Р. Н.<sup>1</sup>, Киндлер А. А.<sup>1</sup>  
Научный руководитель Елохина С. Н., канд. геол.-минерал. наук, доцент  
<sup>1</sup>УРЦ ГМСН ОАО «Уралгидроэкспедиция»  
<sup>2</sup>ФГБОУ «Уральский государственный горный университет»

Рост урбанизации и индустриализации, сопровождающийся активизацией природных и техногенных процессов, приводит к значительным изменениям окружающей среды. Наиболее интенсивно это проявляется в районах добычи полезных ископаемых на крупных месторождениях, где происходит выемка, переработка и размещение значительных объёмов горных пород.

Одним из примеров проявления техногенеза является Дегтярское медно-колчеданное месторождение.

Данное месторождение расположено на Среднем Урале в пределах водосборной площади Волчихинского водохранилища, которое является основным источником питьевого водоснабжения г. Екатеринбурга.

На данной территории протекают малые реки Вязовка, Ельчевка и ее правобережный приток река Исток с притоками – рр. Дегтярка и Сухарка.

Рельеф между Ревдинским габбровым массивом на западе и Верх-Исетским гранитным массивом на востоке характеризуется относительным понижением шириной 1,0-2,5 км, к которому приурочено Дегтярское месторождение, связанное с эффузивными породами Тагило-Магнитогорского синклинория.

В гидрогеологическом отношении район расположен в пределах системы бассейнов грунтовых вод зон трещиноватости в породах среднего и нижнего палеозоя восточного склона Урала.

Месторождение эксплуатировалось с 1914 по 1994 гг. За это время была создана сложная система взаимосвязанных подземных и открытых горных выработок, имеющих субмеридианальную ориентировку. Максимальная глубина горных работ – 610 м, величина водопритока в последние годы эксплуатации составляла в среднем 5,3 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Под влиянием рудничного водоотлива была сформирована депрессионная воронка площадью около 5 км<sup>2</sup>.

Согласно классификации Н.И. Плотникова подобные территории формируют техногенез горнорудного профиля.

При добыче полезных ископаемых преобладающий тип загрязнения – минеральный: рудничные и шахтные воды, стоки обогатительного производства (хвостохранилища и отстойники), приотвальные и иные жидкие накопления. Твёрдые отходы представлены шламами и породными отвалами.

Интенсивная многолетняя горнодобывающая деятельность на территории рудника привела к активизации геохимических и геомеханических процессов, таких как сдвигание и обрушение горных пород, оползневые процессы на отвалах, затопление заброшенных открытых и подземных горных выработок и др.

Река Дегтярка протекала через шахтное поле. Русло реки в результате горнодобывающей деятельности было существенно изменено и представляло собой сточную канаву, принимавшую шахтные и хозбытовые сточные воды. Русло р. Исток пересекающее северный фланг месторождения, также претерпело техногенную трансформацию.

Шахтный водоотлив на месторождении был прекращен в октябре 1995 года, а заполнение депрессионной воронки завершилось в мае 1999г. В настоящее время рудничные воды изливаются из карьера шахты Колчеданной и после нейтрализации совместно со стоком рек Исток и Дегтярка поступают в Ельчевский пруд-отстойник, а затем в Волчихинское водохранилище.

В 2003-2004 годах на территории месторождения выполнен цикл гидрохимического мониторинга. Анализ результатов показал, что на состав поверхностных вод оказывает существенное влияние кислые шахтные воды, разгрузка которых происходит через карьер шахты Колчеданная и через стволы шахт Капитальная 1 и 2. Воды обладают высокой агрессивностью, с низкими значениями рН (до 2,0).

В 2005 году на территории Дегтярского медно-колчеданного месторождения проводилось литохимическое опробование территории для изучения исходного экологического состояния почв, грунтов, а также поверхностных и подземных вод.

Результаты опробования почв и грунтов закономерно связали главные пятна загрязнения тяжелыми металлами с территорией ликвидированного рудника. Отмечены высокие содержания таких элементов как Cu, Zn, Pb, Ni, Cr, Hg. По значению суммарного показателя химического загрязнения территория характеризуется как опасная по экологической ситуации при  $Z_c=32-64$ , и редко и весьма опасная при  $Z_c=>64$ .

Авторское изучение состояния территории в ноябре 2012 года включало маршрутное обследование речных систем в пределах месторождения, отбор проб донных отложений и поверхностных вод. Выбранные показатели в конкретных точках контроля рассматриваются авторами в качестве параметров постэксплуатационного техногенеза Дегтярского рудника.

Маршрут опробования был проложен по потоку реки Дегтярка, параллельно линии горных выработок. Были отобраны пробы воды р. Дегтярка до шахты Капитальная 2, после данной шахты в месте бывшей плотины «Гидромедь», в карьере шахты Колчеданная, и после выхода из карьера, а также в месте слияния рек Дегтярка и Исток после станции нейтрализации. Всего было отобрано 7 проб поверхностных вод и 15 проб донных отложений.

Поверхностные воды рек Дегтярка и Исток имеют ярко выраженную окраску рыжевого, желтого и даже красного цветов, что связано с активизацией процессов окисления неотработанных целиков рудного тела, а также с влиянием подотвальных вод. Выявлены места сброса канализационных стоков в р. Дегтярка.

Химический анализ проб поверхностных вод показал, что содержания большинства элементов выше фоновых, а некоторых:  $SO_4^{2-}$ , Mg, Fe, Mn и Zn – превышают ПДК.

Низкие значения рН указывают на сильное влияние отработанного месторождения. Пробы воды взятой из карьера и после выхода из него имеют значение рН 2,56 и 2,52 соответственно. В пробе взятой после станции нейтрализации значение рН составляет 4,55, что связано с добавлением извести в воду для нейтрализации её кислотности. В пробах воды, взятых из-под отвалов шахт Капитальная 1 и 2, показатели рН также низкие и составляют 2,87 и 2,81, что связано с их расположением близ терриконов данных шахт. Показатели рН в пробах, взятых в реках Дегтярка и Исток выше отработанного рудника, составляют 6,72 и 7,01, соответственно. Это показывает что реки чистые и не загрязнены кислыми шахтными водами.

При анализе продольного профиля распределения содержания  $SO_4^{2-}$  отмечается увеличение загрязнения при пересечении рекой Дегтяркой шахтного поля. Также можно заметить влияние шахтных вод карьера на р. Исток. Точка слияния двух графиков, это место впадения р. Дегтярка в р. Исток после станции нейтрализации. Ниже станции нейтрализации сульфатность поверхностных вод снижается.

При опробовании донных отложений по профилю рек Дегтярка и Исток определены содержания следующих элементов Ni, Cu, Zn, Al, Pb, Mn, Cr, Co, Cd, Fe, Mg, As.

По результатам химического анализа построены продольные моноэлементные литогеохимические профили. Наиболее характерными авторами признаны содержания мышьяка и железа.

При анализе гидролитохимических профилей можно заметить, что кислые рудничные воды только частично участвуют в процессе формирования донных отложений, например, обогащая их соединениями железа. В основном донные отложения формируются за счет плоскостного смыва слаборастворимых соединений, и их химический состав находится под влиянием поверхностных техногенных образований (отвалов).

Таким образом, исследования 2012 года позволили охарактеризовать гидрохимическую обстановку в данном районе. На состав и состояние вод рек Дегтярка и Исток решающее влияние оказывают отработанные горные выработки месторождения и изливающиеся из них кислые шахтные воды, а также подотвальные воды существующих терриконов.



## ВТОРИЧНОЕ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЕ НА ОБЪЕКТАХ РЕКУЛЬТИВАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕДИ

Ли Т. И., Колосницина О. А.

Научный руководитель Гуман О. М., д-р геол.-минерал. наук, профессор  
ФГБОУ «Уральский государственный горный университет»

Вторичное минералообразование мы наблюдали на следующих объектах добычи медноколчеданных, медно-цинковых руд на Южном Урале:

1 Бурибаевский ГОК. Руда в отвалах представлена сплошной и вкрапленной сульфидной. Сложена пиритом ( $\text{FeS}_2$ ) и халькопиритом ( $\text{CuFeS}_2$ ), изредка встречается сфалерит ( $\text{ZnS}$ ) в сплошной руде и гематит ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) во вкрапленной. При окислении находящихся в отвалах первичных сульфидных руд происходит образование легкорастворимых сульфатов. Основной агент окисления сульфидов-вода. Она доставляет окислители и удаляет продукты окисления-сульфаты. Из отвалов идет вынос сульфатов и формирование гидросульфатов из приотвальных вод: халькотита ( $\text{Cu}[\text{SO}_4] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )

2 Месторождение «Яман-Касы». Накопление мелкозема и отдельных глыб происходит в бортах у подножия отвала, а также в пределах полотна канавы, здесь же происходит и испарение подотвальных вод с образованием на испарительном барьере корочек сульфатов, как показано на рисунке 1. В спецотвале, расположенном к северу от основного отвала, находятся глыбы сульфидных, существенно пиритных руд, частично отвал перекрывается складом фосфогипсов. Руды в отвале подвергаются процессам окисления с образованием сульфатов.



Рисунок 1 – Сульфатные налеты и корки

3 Месторождение Балта-Тау. При выветривании сульфидных минералов меди под действием атмосферных вод, в которых растворены кислород и углекислый газ, медь переходит в раствор и осаждается с образованием основного карбоната меди-малахита ( $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ ) и азурита ( $2 \text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ ). Азурит менее устойчив и во влажном воздухе постепенно зеленеет, превращаясь в малахит, что иллюстрирует рисунок 2.

Все месторождения отработаны. Период отработки месторождения Яман-Касы с 1990 по 2003 гг. Эксплуатация Бурибаевского месторождения открытым способом продолжалась с 30-х и до второй половины 50-х годов. На территориях остались отвалы, насыпи, хвостохранилища, отработанные затопленные карьеры, траншеи, канавы и т. д.

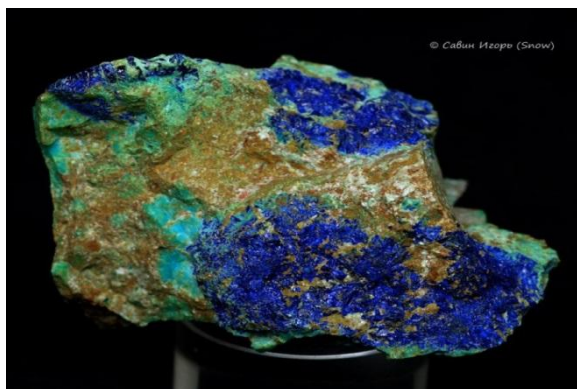
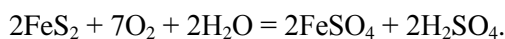


Рисунок 2 – Конкрекции азурита в хризоколле

На объектах размещения отходов активно изучены геохимические процессы, которые заключаются в реакции окисления, например, пирита ( $\text{FeS}_2$ ) при контакте с пресной водой, содержащей кислород:



Разумеется, этот процесс не является конкретной химической реакцией. В ходе окисления и гидролиза образуется сложная смесь гидроксооксидов железа (II) и железа (III) и это уравнение – только весьма грубый материальный баланс этих процессов.

В результате сложных геохимических процессов формируется кислая водная среда и вторичные минералы, такие как:

азурит –  $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$  – один из наиболее распространённых медесодержащих минералов, индикатор медных руд,  $\text{PP} = 1.1 \cdot 10^{-46}$ ;

ангидрит –  $\text{CaSO}_4$  – безводный сульфат кальция, увеличивается в объёме примерно на 30 % и постепенно превращается в гипс при добавлении воды,  $\text{PP} = 2.5 \cdot 10^{-5}$ ;

барит – минерал бария из класса сульфатов,  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{PP} = 1.1 \cdot 10^{-10}$ ;

гипс – минерал из класса сульфатов, по составу  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ;

халькантит – минерал состава  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , сульфат меди (наличие этого минерала в рудах указывает на то, что рудничные воды богаты растворённым сульфатом меди) и др.

В окислительных условиях максимальной подвижностью обладают главные рудные элементы – железо, медь, цинк. Они переходят в раствор. При избытке влаги продукты окислительных реакций удаляются. Гидросульфаты в форме линз, натечных образований, друзовых инкрустаций полостей накапливаются в техногенной зоне аэрации, увеличенной вследствие искусственного понижения уровня грунтовых вод. В эту же стадию формируются подотвальные бассейны высокоминерализованных вод, линзы рассолов, инфильтрующиеся с поверхности, задерживаются на местных водоупорах. При сгущении раствора за счет испарения фиксируется железо. Цинк и кадмий накапливаются в остаточном слабо летучем рассоле. Разбавление такого рассола атмосферными водами сопровождается повышением pH.

Такое широкое распространение тяжелых металлов негативно влияет на окружающую среду и отрицательно сказывается на организме человека. На примере Бурибая – в пределы распространения тяжелых металлов попадает частный жилой сектор, а на месторождении Яман-Касы техногенные воды оказывают влияние на содержание тяжелых металлов в реке Блява.

## МНОГООБРАЗИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТА

Маслов И. В.

Научный руководитель Гуман О. М., д-р геол.-минерал. наук, профессор  
ФГБОУ «Уральский государственный горный университет»

Получение достоверных данных о механических свойствах грунтов одна из наиболее важных задач в настоящий момент, так как появились новые приборы определения механических свойств в условиях моделирования напряженно деформированного состояния (НДС), новые методы расчета оснований сооружений в зависимости от принятых моделей НДС, и новый ГОСТ 12248-2010, в котором есть предпосылки по учету многообразия испытаний грунтов.

Показатели механических свойств грунта делятся на две группы прочностные и деформационные. Деформационные свойства характеризуют поведение грунта под нагрузками, не превышающими критические и, следовательно, не приводящими к разрушению. В настоящий момент существует 5 показателей деформационных свойств, которые можно определить, имея схему, представленную на рисунке 1.

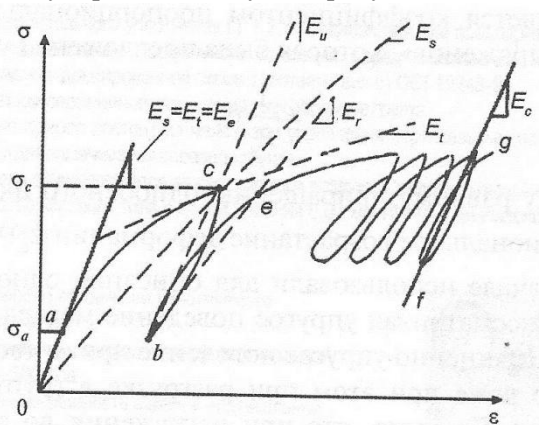


Рисунок 1 – Схема к определению деформации

Первый модуль деформации  $E$ , используется при определении конечной осадки фундаментов, вызванной, например, действием статических нагрузок от веса зданий или сооружений. Модуль упругости  $E_e$  используется при определении упругой осадки грунта, вызванной, например, повторным нагружением оснований в глубоких котлованах после их разработки. Касательный модуль деформации  $E_t$  можно использовать для определения приращения осадки фундамента, соответствующего

приращению внешней нагрузки, например, от следующего надстраиваемого этажа здания. Модуль  $E_u$  позволяет найти величину подъема дна котлована при его разработке. Модуль  $E_t$  характеризует повторное нагружение грунта, после его разгрузки [1]\*.

Прочностные характеристики определяются в зависимости от: свойств грунта, способа подачи давления (ступенями, непрерывно), условий определения несущей способности сооружения, схемы испытаний. Существует три схемы испытаний: неконсолидированно-недренированное, для определения сопротивления недренированному сдвигу  $c_u$  водонасыщенных в природных условиях глинистых, органо-минеральных и органических грунтов природной плотности, консолидированно-недренированное испытание с измерением порового давления – для определения характеристик прочности  $\phi$  и  $c$  и консолидации  $c_v$  для водонасыщенных в природных условиях дисперсных грунтов, консолидированно-дренированное испытание – для определения характеристик прочности  $\phi$  и  $c$  и коэффициента консолидации  $c_v$  водонасыщенных в природных условиях дисперсных грунтов и характеристик деформируемости  $E$  и  $\phi$  для любых дисперсных грунтов.

К прочностным показателям относятся: эффективный угол внутреннего трения  $\phi'$ , эффективное сцепление  $c'$ , угол внутреннего трения  $\phi$ , сцепление  $c$ , сопротивление недренированному сдвигу  $c_u$ , коэффициента фильтрационной консолидации  $c_v$ .

\* Болдырев Г. Г. Методы определения механических свойств грунтов. – Пенза: ПГУАС, 2008. С. 578-580.

## СОРБЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ТОРФА КАК КРИТЕРИИ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ РОЛИ БОЛОТ

Кучер А. М.

Научный руководитель Парфенова Л. П., канд. геол-минерал. наук, доцент  
ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»

Наиболее полное и обобщающее определение понятия болота предлагает Н. И. Пьявченко [1]: «Болото или болотный массив – это экологическая система, возникающая и развивающаяся в условиях постоянного или периодического избытка влаги и дефицита кислорода, характеризующаяся заторможенным обменом веществ и, как правило, накоплением торфа».

Суммарный объем запасов торфа в мире оценивается специалистами в 500 млрд т, до 40 % которых сосредоточены в России. Торф относится к возобновляемым ресурсам. Ежегодно в мире образуется почти 3,0 млрд м<sup>3</sup> торфа, что примерно в 120 раз больше, чем используется. В компонентном составе органической массы содержание битумов (бензолных) составляет 1,2-17 % (максимум зафиксирован у верхового торфа высокой степени разложения). Поэтому торф может рассматриваться, наряду с решением проблем местной энергетики, повышения плодородия почв и экологических задач, в качестве альтернативного источника очистки. В России наибольшие запасы торфа сконцентрированы на северо-западе и севере европейской части России, а также в Западной Сибири, причем в Северо-Западном федеральном округе разведано наибольшее количество запасов торфа (36,2% от запасов в целом по России) [2].

В настоящее время увеличивающиеся объемы добычи тяжелых металлов сопровождаются ухудшением экологической обстановки во многих регионах промышленных предприятий. В связи с этим предприятия в обязательном порядке разрабатывают комплекс мер, направленных на локализацию и ликвидацию отходов, а также восстановление (рекультивацию) земель. Для очистки поверхности от загрязнителей используются различные методы, среди которых сорбция представляет наибольший интерес.

Волковское медно-железо-ванадиевое месторождение расположено в переходной (от Центрального Уральского хребта к Восточно-Уральской равнине) зоне, что обусловило общий юго-восточный уклон местности.

В пределах горного отвода Волковского рудника ОАО «Святогор» протекают р. Лая и ее правый приток р. Черная, дренирующие изучаемую территорию. В 15 км от устья в р. Лаю впадает р. Черная, берущая начало из Черновского болота. Долина реки слабо выражена, ее ширина не превышает 500 м, в верховьях – 100 м.

Болото «Черновское» расположено от с. Малая Лая на запад в 2 км, от с. Баранчинский на юго-восток в 5,5 км. Общая площадь болота – 513 га, из них площадь промышленной залежи – 392 га. Максимальная мощность торфяного пласта – 4,1 м, средняя – 2,08 м. Болото «Черновское» – болото низинного типа. Торфяная толща болота подстилается водонепроницаемыми глинами и суглинками, что препятствует прямому попаданию сточных карьерных вод, сбрасываемых в акваторию болота, в подземные водоносные горизонты [3].

По данным Лиштвана И. И. [4], опробованный тип торфа имеет ГК в пределах 29,1-55,5% на органическую массу.

В ходе инженерно-экологического обследования было выполнено бурение картировочных скважин с использованием ручного зондировочного комплекта производства ЗАО «Геотест» для оценки мощности торфа в границах Черновского болота. Всего было пробурено 11 скважин, 40 пог. м. Средняя мощность торфяной залежи обследованной части Черновского болота составила 2,5 м. Средняя мощность торфа для всей площади Черновского болота – 2,08 м.

Сорбция – поглощение твердым телом либо жидкостью различных веществ из окружающей среды. Поглощаемое вещество, находящееся в среде, называют сорбатом (сорбтивом), поглощающее твердое тело или жидкость — сорбентом [5].

Ёмкость обмена торфа в кислой среде достигает 357 мг-экв/100 г. Группа COOH, которая определена по лабораторным данным, участвует на 50 %. Определена ёмкость обмена по выделенным гуминовым веществам 175 мг.-экв/100 г, в кислой среде с увеличением этой цифры в 2-3 раза при повышении щёлочности среды.

В процессе камеральной обработки материалов были рассчитаны лабораторные определения ёмкости катионного обмена Черновского болота различными методами:

- 1). Метод Бобко-Аскинази-Алешина в модификации ЦИНАО;
- 2). Экспресс-метод ЦИНАО для карбонатных, гипсосодержащих и засоленных почв с содержанием органического вещества не более 6 %

Таким образом, торф низинного типа, к каким относится и торф Черновского болота, потенциально представляется вполне перспективным природным сорбентом в отношении металлоносных карьерных вод, которые будут формироваться в процессе строительства и эксплуатации Северо-Западного карьера Волковского месторождения. Карьерные воды представляют собой слабо кислый (рН 5,85) раствор с содержанием (в мг-экв./дм<sup>3</sup>) меди 0,119, цинка 0,086. Среднее теоретическое значение величины ёмкости ионного обмена низинного торфа оценивается в 200 мг-экв./100 г. Потенциальная сорбционная способность Черновского болота в отношении таких металлов, как медь и цинк практически безгранична, при этом она может быть еще больше, если перед сбросом карьерные воды будут известковать, поднимая их водородный потенциал до щелочного (более 7), что повышает и так очень высокую сорбционную способность торфа еще не менее чем вдвое.

На основе вышеперечисленных фактов можно составить вывод, что на текущий момент, по оценке сорбционной способности месторождений Волковского типа, подобную утилизацию отходов можно считать реальной.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пьявченко Н. И. Торфяные болота, их природное и хозяйственное значение. – М.: Наука, 1985. 152 с.
2. Наумов Л. Б., Горленко Н. П., Казарин А. И. Обменные катионы и их влияние на гидрофильность торфа // Химия растительного сырья. 2003. № 3. С. 51-56.
3. Проект оценки воздействия (ОВОС) открытых горных работ при реализации проекта «Восполнение мощностей Лаврово-Николаевского карьера ОАО «Святогор», УГМК – Холдинг, г. Верхняя Пышма, 2005.
4. Лиштван И. И., Базин Е. Т., Попов М. В., Терентьев А. А. Практикум по физике и химии торфа. Ч. 1. – Калинин: 1971.
5. Базин Е. Т., Лиштван И. И. Курс физики торфа. Ч. 1. – Калинин: 1977.