



## ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА РАСТВОРЫ СОЛЕЙ В СОСТАВЕ СТОЧНЫХ ВОД БУРОВЫХ ШЛАМОВ СЕВЕРА ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

А. Е. Плотникова, студентка,  
e-mail: nastya\_plotnikova@bk.ru

М. А. Зимнухов, студент,  
e-mail: vip7001.98@mail.ru

О. Ш. Белявская, старший преподаватель,  
e-mail: boykovaoksana@mail.ru

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный  
университет»

Определено содержание солей в буровых шламах. Рассмотрен принцип действия аппаратов магнитной обработки воды. Исследовано влияние магнитного поля на фильтрационную способность буровых шламмов с целью их обезвреживания и возможности утилизации. Установлено, что магнитная вода отрицательно воздействует на фильтрационную способность отходов бурения при добыче нефти.

### *Буровой шлам, омагничивание воды, солевые растворы, коэффициент фильтрации*

В настоящее время в нефтедобывающих регионах остро стоит проблема складирования, утилизации и рекультивации отходов нефтедобычи. Одним из наиболее опасных отходов является буровой шлам [1] – водная суспензия, частицы которой представлены продуктами разрушения горных пород забоя и стенок скважины, продуктами истирания бурового снаряда и обсадных труб, глинистыми минералами (при промывке глинистым раствором). Также буровой шлам в своём составе имеет солевые растворы, закачиваемые в скважину при бурении.

Основной проблемой, связанной с загрязнением буровыми шламами, является их низкая фильтрационная способность или даже гидрофобность [2]. Поскольку шлам в своём составе имеет небольшое количество нефти, она обволакивает частицы выбуренной породы, вследствие чего вода не просачивается в грунт. Соответственно, никакие растения и живые организмы не могут жить в данной среде. Для утилизации и рекультивации буровых шламмов требуется увеличить их фильтрационную способность.

Среди большого количества антропогенных факторов, влияющих на различные водные системы, в настоящее время особое внимание уделяют воздействию переменных магнитных полей. Переменные магнитные и электрические поля постоянно сопровождают все процессы, происходящие на Земле.

Физические параметры воды могут значительно изменяться при внешних воздействиях, так как вода – очень чувствительное вещество [3]. Многие свойства воды связаны с особенностями строения её молекул, существованием водородных связей.

В основе магнитной обработки водных систем лежат изменения их физических и физико-химических свойств, изменения структуры воды и поведения растворённых в ней неорганических солей. В зависимости от строения и химического состава растворённые вещества по-разному влияют на структуру воды. Происходит усиление или, наоборот, ослабление водородных связей между молекулами воды.

Магнитное поле, генерируемое постоянными магнитами или электромагнитами, воздействует на растворённые в воде гидратированные катионы металлов и структуру гидратов и водных ассоциатов [4]. В результате изменяется скорость электрохимической коагуляции дисперсных заряженных частиц в потоке намагниченной жидкости и образуется большое количество центров кристаллизации, которые состоят из кристаллов почти одного размера. Таким образом, в результате намагничивания вода приобретает кристаллическую решётку. На этом основан принцип действия аппаратов для намагничивания воды [5].

В результате намагничивания происходят следующие процессы:

- 1) между гидратированными ионами и структурными компонентами воды происходит смещение равновесия посредством воздействия магнитного поля;
- 2) увеличиваются центры кристаллизации растворённых в воде солей на микровключениях из дисперсных феррочастиц в заданном объёме жидкости;
- 3) изменяется скорость коагуляции и седиментации дисперсных частиц в потоке жидкости, подлежащей магнитной обработке.

Во время движения молекул воды через магнитное поле происходит ограничение их движения. При движении диполя перпендикулярно линии действия магнитного поля возникает момент сил, вызванных силой Лоренца, в результате чего диполи разворачиваются и начинаются колебательные движения вдоль оси действия силовых линий магнитного поля. Кроме того, при движении диполя вдоль силовых линий момент пары сил препятствует изменению вектора передвижения диполя. Такое движение диполей будет сохраняться на расстоянии. В итоге расположение молекул воды становится более упорядоченным. Схема сил, действующих на молекулу воды в магнитном поле, представлена на рис. 1.

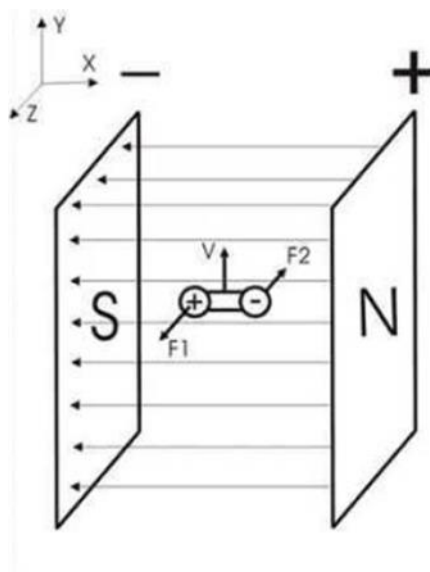


Рисунок 1 – Молекула воды при прохождении магнитного поля

В процессе омагничивания вода движется через прибор магнитной обработки, так как на неподвижную воду магнитные поля воздействуют значительно слабее. Связано это с тем, что вода обладает электропроводностью. В электромагнитных полях генерируется некоторый электрический ток при движении воды. В связи с этим современные методы водоподготовки называют магнитогидродинамическими. Такие методы применяются для увеличения значения рН воды, преобразования избыточного содержания ионов солей жёсткости в тонкодисперсную кристаллическую фазу и предотвращения выпадения солей. Эффект предотвращения выпадения солей зависит от состава воды, напряжённости магнитного поля, скорости движения воды, продолжительности её пребывания в магнитном поле и других факторов.

Поскольку магнитное поле воздействует на растворённые в воде соли, было рассмотрено воздействие магнитного поля на буровые шламы с целью их утилизации и рекультивации.

В процессе проведения исследования был установлен солевой состав водной вытяжки бурового шлама Нивагальского месторождения, ХМАО (табл. 1) и сравнён с предельно допустимыми концентрациями солей для хозяйственно – питьевого водоснабжения.

Таблица 1 – Солевой состав бурового шлама Нивагальского месторождения

Наименование определяемого показателя	Единица измерений	Результаты испытания	Погрешность $\Delta$	Величина ПДК, мг/л
Кадмий	мкг/дм <sup>3</sup>	0,33	0,12	0,001
Карбонат-ион	мг/дм <sup>3</sup>	<6.0	—	
Кобальт	мкг/дм <sup>3</sup>	<2.0	—	0,1
Марганец	мг/дм <sup>3</sup>	3,56	0,71	0,1
Медь	мкг/дм <sup>3</sup>	1,66	0,66	1,0
Мышьяк	мкг/дм <sup>3</sup>	<5,0	—	0,05
Нефтепродукты	мг/дм <sup>3</sup>	2.28	0,57	0,3
Никель	мкг/дм <sup>3</sup>	8,2	2,9	0,1
Ртуть общая	мкг/дм <sup>3</sup>	<0,01		0,0005
Свинец	мкг/дм <sup>3</sup>	5,3	1,9	0,03
Сульфат-ион	мг/дм <sup>3</sup>	75	—	500,0
Фосфат-ион	мг/дм <sup>3</sup>	0,66	—	
Хлорид-ион	мг/дм <sup>3</sup>	>10000	—	350,0
Хром общий	мкг/дм <sup>3</sup>	17	4	0,5
Цинк	мг/дм <sup>3</sup>	0,008	0,003	1,0

Также была рассмотрена возможность применения магнитной обработки воды для увеличения фильтрационной способности буровых шламов.

Для омагничивания воды был использован прибор «Протон – Н» (рис. 2), технические характеристики которого приведены в табл. 2.

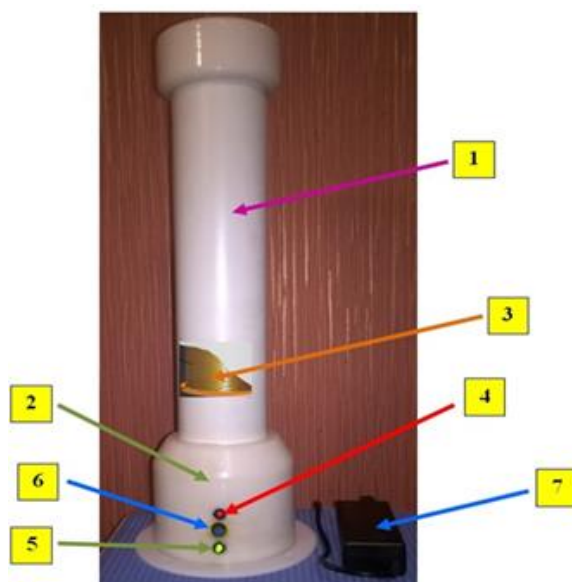


Рисунок 2 – Устройство прибора «Протон – Н»:

- 1 – корпус (высота ~350-400 мм; диаметр ~70 мм);
- 2 – основание прибора (высота 100-120 мм; диаметр ~110 мм);
- 3 – соленоид; 4 – индикатор режима работы; 5 – индикатор подключения блока питания прибора к источнику напряжения;
- 6 – регулятор режима работы; 7 – блок питания – сетевой адаптер на 12-19 В постоянного напряжения

Таблица 2 – Технические характеристики прибора омагничивания воды «Протон – Н»

Наименование параметра	Значение
Номинальная потребляемая мощность, Вт, не более	10
Потребляемый ток, мА, не более	200
Время обработки движущейся воды в водоводах, не более (мс)	10
Время воздействия на неподвижные объекты, не менее (ч)	3
Габаритные размеры В*Ш*Г, см	50x20x20
Масса, кг, не более	3

Характеристикой фильтрационной способности является коэффициент фильтрации. Он зависит от коэффициента консолидации, поэтому для проведения испытания было использовано устройство осевого нагружения кинематическое ГТ 2.0.5. Данный прибор предназначен для проведения механических испытаний природных и промышленных строительных материалов: грунтов, асфальтобетонов, цементов при различных видах напряженного состояния и траекториях нагружения.

Перед проведением испытания буровой шлам помещали в цилиндр с магнитной водой, в котором затем создавались условия вакуума. Данная операция была проделана для заполнения всех пустот водой. Затем шлам помещали в прибор осевого нагружения на 24 ч. В течение этого времени происходило уплотнение бурового отхода под нагрузкой вследствие отжатия воды.

Также в ходе испытания шлам смешивали с омагниченной водой и оставляли на 24 ч, после чего помещали в устройство осевого нагружения.

В последующем испытании рассматриваемый отход был помещён в прибор для омагничивания, а затем проводилось испытание по определению консолидации.

По результатам испытания построены кривые консолидации для каждого метода подготовки шлама (рис. 3).

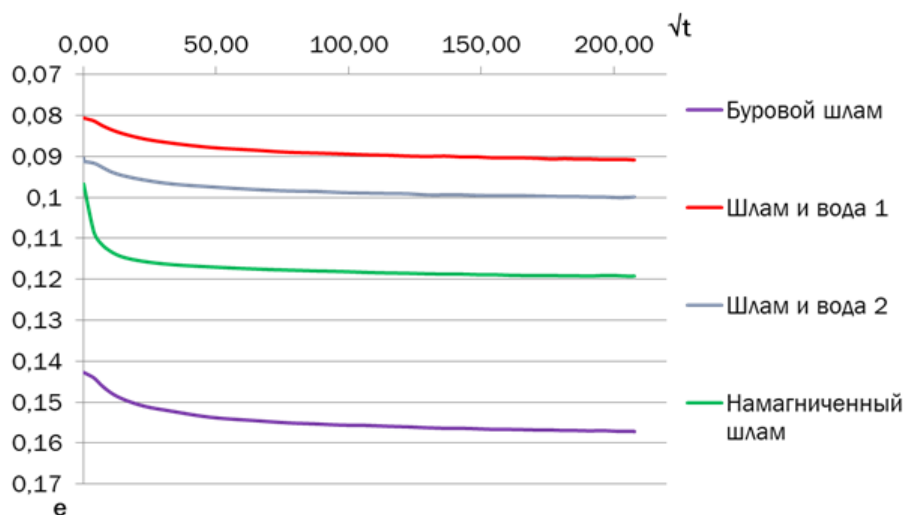


Рисунок 3 – Кривые консолидации бурового шлама

По представленным графикам были вычислены коэффициенты консолидации в соответствии с требованиями ГОСТ 12248 – 2010 «Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости» [6]. Затем по формуле (1) находили коэффициенты фильтрации:

$$K_{\phi} = C_v \frac{s}{hP} \gamma_w, \quad (1)$$

где  $C_v$  – коэффициент консолидации, см<sup>2</sup>/мин;  
 $S$  – деформация (осадка) образца, см;  
 $P$  – давление, кПа;  
 $h$  – первоначальная высота образца, см;  
 $\gamma_w$  – удельный вес воды, равный 0,00979 Н/см<sup>3</sup>.

Результаты вычислений представлены в табл. 3. По данным таблицы видно, что действие магнитного поля на буровой шлам негативно влияет на его фильтрационную способность. Полученный результат связан с отсутствием в составе шлама солей, способных воспринимать воздействие магнитного поля.

Таблица 3 – Значения коэффициентов консолидации и фильтрации бурового шлама при разных методах обработки

Образец	Коэффициент консолидации $C_v$ , см <sup>2</sup> /мин	Коэффициент фильтрации $K_f$ , м/сут
Шлам без воды	0,08398	0,001405
Шлам с омагниченной водой 1	0,06165	0,000613
Шлам с омагниченной водой 2	0,05816	0,000634
Омагниченный шлам	0,03406	0,00045

Таким образом, в результате исследования было установлено, что воздействие магнитного поля на буровые шламы является неперспективным направлением для разработки методов утилизации отходов бурения, связанных с нефтедобычей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Утилизация отходов – проблемы, пути решения: аналит. обзор, 2015 / Научно – исследовательский институт – Республиканский исследовательский научно – консультационный центр экспертизы. – Москва, 2015. – 26 с.
2. Васильев, А. В. Экологическое воздействие буровых шламов и подходы к их переработке / А. В. Васильев, О. В. Тупицына // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – № 5. – С. 308 – 313.
3. Классен, В. И. Омагничивание водных систем / В. И. Классен. – Москва: Химия, 1978. – 240 с.
4. Мосин, О. В. Физические основы магнитной обработки воды / О. В. Мосин // Сознание и физ. реальность, 2012. – Т. 17. – № 2. – С. 9–17.
5. Мосин, О. В. Аппараты магнитной обработки воды / О. В. Мосин // СОК. Сантехника, отопление, кондиционирование. – Москва: Медиа Технолоджи, 2011. – № 6. – С. 24–27.
6. ГОСТ 12248 – 2010. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости: издание официальное. – Москва: Стандартинформ, 2012. – 82 с.

#### INFLUENCE OF MAGNETIC FIELD ON SALINE SOLUTION IN SEWEGE OF THE DRILL CUTTINGS IN NORTH OF TYUMEN REGION

A. Plotnikova, student;  
e-mail: nastya\_plotnikova@bk.ru

M. Zimnukhov, student,  
e-mail: vip7001.98@mail.ru

O. Beliavskaia, senior lecturer,  
e-mail: boykovaoksana@mail.ru

Tyumen Industrial University

The salt content in drill cuttings has been determined. The principle of operation of magnetic water treatment apparatus is considered. The influence of a magnetic field on the filtration capacity of drill cuttings for the purpose of their neutralization and the possibility of disposal is investigated.

*Drill cuttings, water magnetization, salt solutions, filtration coefficient*