



## ПРИМЕНЕНИЕ ЭЖЕКТОРНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ПЕСЧАНЫХ ПРОБОК ПРИ СООРУЖЕНИИ СКВАЖИН ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ (ПВ)

В.П. ДРОБАДЕНКО<sup>1</sup>, Д.А. СТАДНИК<sup>1</sup>, И.Н. САЛАХОВ<sup>1,\*</sup>, Б.Ф. ТУХВАТУЛЛИН<sup>1</sup>, Г.Н. МАЛУХИН<sup>2</sup>,  
Ю.А. БОРОВКОВ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»  
23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия

<sup>2</sup> ООО «Шахта Сибирская»  
4, пер. Давыдова, п. Красногорский 652560, Россия

### АННОТАЦИЯ

**Введение.** При скважинном подземном выщелачивании (ПВ) одной из распространенных проблем является образование песчаных пробок в прифильтровой зоне и стволе эксплуатационных скважин, что приводит к значительному снижению их производительности. Существующие методы удаления пробок, такие как использование желонки или промывка, а также применение погружных центробежных насосов и эрлифтов, имеют существенные недостатки, включая низкую эффективность, абразивный износ или ограничения по глубине и диаметру скважин.

**Цель.** Повышение эффективности скважин ПВ за счет удаления песчаных пробок эжектором (гидроэлеватором).

**Материалы и методы.** Исследование основано на гидравлическом расчете работы струйных аппаратов в системе «труба в трубе». Учитывались глубина скважины, потери напора и геометрические параметры гидроэлеватора.

**Результаты.** Наиболее эффективны гидроэлеваторы с малым значением геометрического параметра ( $m = 2 \div 3$ ). Оптимальная конфигурация с наружной колонной 76 мм и внутренней 50 мм снижает потери напора до 20 м вод. ст. и давление на насосе до 11,0 МПа на глубине 400 м.

**Заключение.** Применение эжекторов является оптимальным способом для удаления песчаных пробок.

**Ключевые слова:** подземное выщелачивание, гидроэлеватор (эжектор), песчаная пробка, очистка скважин, прифильтровая зона

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование:** исследование не имело спонсорской поддержки.

**Для цитирования:** Дробаденко В.П., Стадник Д.А., Салахов И.Н., Тухватуллин Б.Ф., Малухин Г.Н., Боровков Ю.А. Применение эжекторных устройств для удаления песчаных пробок при сооружении скважин подземного выщелачивания (ПВ). *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2025;67(4):110—119. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2025-67-4-110-119> EDN: [SQAKSV](#)

Статья поступила в редакцию 05.11.2025

Принята к публикации 28.11.2025

Опубликована 22.12.2025

\* Автор, ответственный за переписку

## EJECTORS FOR REMOVING SAND PLUGS DURING THE CONSTRUCTION OF IN-SITU LEACHING (ISL) WELLS

VALERIY P. DROBADENKO<sup>1</sup>, DENIS A. STADNIK<sup>1</sup>, ILMIR N. SALAKHOV<sup>1,\*</sup>, BULAT F. TUKHVATULLIN<sup>1</sup>,  
GREGORY N. MALUKHIN<sup>2</sup>, YURIY A. BOROVKOV<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting  
23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia*

<sup>2</sup> *Siberian Mine LLC  
4, Davydov lane, Krasnogorsk settlement 652560, Russia*

### ABSTRACT

**Background.** One common problem in in-situ leaching (ISL) involves the formation of sand plugs in the filter zone and wellbore of production wells, which significantly reduces their productivity. Existing methods of plug removal, such as bailing or flushing, as well as the use of submersible centrifugal pumps and airlifts, have significant drawbacks, including low efficiency, abrasive wear, or limitations of well depth and diameter.

**Aim.** To increase the efficiency of ISL wells by removing sand plugs using an ejector (hydraulic elevator).

**Materials and methods.** The study is based on hydraulic calculations of jet devices in a pipe-in-pipe system. The well depth, pressure losses and geometric parameters of the hydraulic elevator are taken into account.

**Results.** The most effective hydraulic elevators have a small value of the geometric parameter ( $m=2-3$ ). The optimal configuration with a 76 mm outer column and a 50 mm inner column reduces pressure losses and pump pressure at a depth of 400 m to 20 m H<sub>2</sub>O and 11.0 MPa, respectively.

**Conclusion.** The use of ejectors is an optimal method for removing sand plugs.

**Keywords:** in-situ leaching, hydraulic elevator, ejector, sand plug, well cleaning, filter zone

**Conflict of interest:** the authors declare no conflict of interest.

**Financial disclosure:** no financial support was provided for this study.

**For citation:** Drobadenko V.P., Stadnik D.A., Salakhov I.N., Tukhvatullin B.F., Malukhin G.N., Borovkov Y.A. Ejectors for removing sand plugs during the construction of in-situ leaching (ISL) wells. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2025;67(4):110—119. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2025-67-4-110-119> EDN:SQAKSV

*Manuscript received 05 November 2025*

*Accepted 28 November 2025*

*Published 22 December 2025*

\* Corresponding author

Использование скважинного подземного выщелачивания (ПВ) требует значительного внимания при бурении и оборудовании технологических скважин, а также предотвращения различных осложнений. В связи со значительным ростом стоимости ремонта эксплуатационных скважин особая роль отводится правильному первоначальному закачиванию скважин. Добиться надежности и продуктивности скважин особенно трудно там, где пластовые пески обводнены и склонны к псевдооживлению. Механизм выноса песка при этом достаточно сложен, на него оказывает влияние

каждая операция от первоначального вскрытия пласта долотом до освоения скважины для отбора или закачки. [1, 2, 6, 12]

При выносе песка в обсадной и подъемной колоннах скважины могут образовываться достаточно объемные песчаные пробки, которые ограничивают ее производительность по продуктивным растворам. Для восстановления производительности песчаные пробки удаляют, используют обычные желонки или осуществляют промывку через колонну сифонных труб, спускаемую внутрь подъемной колонны [11].

В практике скважинной добычи при ПВ для предотвращения образования песчаных пробок на забое используют и другие методы [2]:

- снижение производительности скважины с целью уменьшения интенсивности выноса песка из продуктивного пласта в скважину. Однако оно может в конечном итоге оказаться невыгодным;
- увеличение скорости движения продуктивных растворов в трубах либо посредством использования подъемных колонн меньшего диаметра, либо использования более производительного насосного оборудования.

Обычно считается, что на вынос песка влияют следующие факторы [3]:

- глубина залегания продуктивного пласта и пластовое давление;
- производительность скважины;
- степень цементированности песчаного пласта, его уплотняемость и естественная проницаемость;
- характеристика пластового песка (форма зерен, наличие глины);
- пластовая депрессия;
- ухудшение естественной проницаемости (скин-эффект).

#### Методика исследований

Удаление песка из прифилтровой зоны является одним из эффективных действующих средств по предотвращению песчаных пробок. При этом возможно использование различных типов аппаратов по удалению песка: погружных центробежных насосов, эрлифтов, гидроэлеваторов.

Погружные центробежные насосы нашли широкое применение в нефтедобыче. Они имеют большое число ступеней (рабочих колес и направляющих аппаратов), число которых при размещении в одном корпусе (в одной секции) может достигать до 40. Специально сконструированные центробежные погружные насосы для осложненных условий эксплуатации могут перекачивать жидкость с содержанием песка не более 0,5% по весу [4].

Большое содержание песка в перекачиваемой гидросмеси ведет не только к интенсивному абразивному износу рабочих колес центробежного насоса, но и к резкому падению его напорной характеристики. Для пропуска через насос твердых включений требуется увеличить сечение каналов подвода, рабочего колеса и отвода. Кроме этого, снижению абразивного износа способствует и эксплуатация насоса при пониженных частотах вращения рабочих колес.

По мнению специалистов, использование центробежных погружных насосов при очистке скважин от песчаных пробок представляется неэффективным как по напору, так и по пропуску твердых фракций, содержащихся в объеме перекачиваемой гидросмеси [7, 14].

Эрлифт представляет собой пневмоподъемник, в котором движущей силой является энергия сжатого воздуха, подаваемого под слой воды в скважине. Производительность эрлифтирования зависит от диаметра подъемной трубы, количества подаваемого сжатого воздуха и относительной глубины его ввода в подъемную трубу [7].

Поэтому применение эрлифта для скважин большого диаметра при очистке песчаных пробок может оказаться малоэффективными, так как их реальная производительность невелика, что в конечном итоге не позволяет создать необходимые скорости рабочего потока в плоскости всасывания песка.

Благоприятными факторами для этих целей являются струйные насосы (гидроэлеваторы), отличающиеся простотой конструкции, дешевизной изготовления и отсутствием движущихся и трущихся частей и деталей [8—10]. Известно, что в работу гидроэлеватора положен принцип непосредственной передачи энергии от одного потока (активной рабочей насадки) к другому (всасываемому) [5]. Это обстоятельство представляет целесообразным использование гидроэлеватора для извлечения песчаной пробки из скважины. В перспективе при проектировании гидроэлеваторов для скважин при подземном выщелачивании требуется разработка малогабаритных струйных насосов, способных поднимать песчаную гидросмесь из эксплуатационных скважин диаметром до 100 мм и глубиной до 400—450 м, в которых размер рабочей насадки и камера смешения ограничиваются как диаметром раствороподъемной колонны, так и расходами воды, подаваемой на гидроэлеватор и размывочную насадку. Необходимость размывать исходную пробку на глубинах около 300—400 м требует развивать достаточно высокий напор за диффузором гидроэлеватора, а следовательно, и высокую скорость струи рабочей насадки, что ведет к значительным местным потерям напора. Особое значение при работе гидроэлеватора при таких условиях приобретает величина скорости подсываемого потока, которая для данных условий эксплуатации гидроэлеватора по извлечению песчаной пробки обеспечивается уровнем жидкости в скважине.

Однако условия работы гидроэлеватора при ликвидации песчаной пробки осложняются тем, что величина статического столба жидкости в скважинах имеет различные значения и колеблется в значительных пределах. Вследствие того, что струйный аппарат при этом опускается до прифилтровой зоны, и величина подпора может быть различной, что существенно влияет на его характеристику и показатели работы установки [13].

Технологически при работе гидроэлеватора в скважине (рис. 1) необходимо иметь два трубопровода: один для подачи рабочей жидкости к насадке водоструйного аппарата и второй трубопровод для подъема песчаной гидросмеси на поверхность. Они должны быть свободно размещены в габарите обсадной колонны скважины для удобства спускоподъемных операций. При концентричном расположении трубопроводов (один в другом) по кольцевому сечению подается напорная вода, а гидросмесь транспортируется по центральной колонне эксплуатационных труб.

Вследствие наличия статического столба жидкости в эксплуатационной скважине гидроэлеватор всегда будет работать с подпором

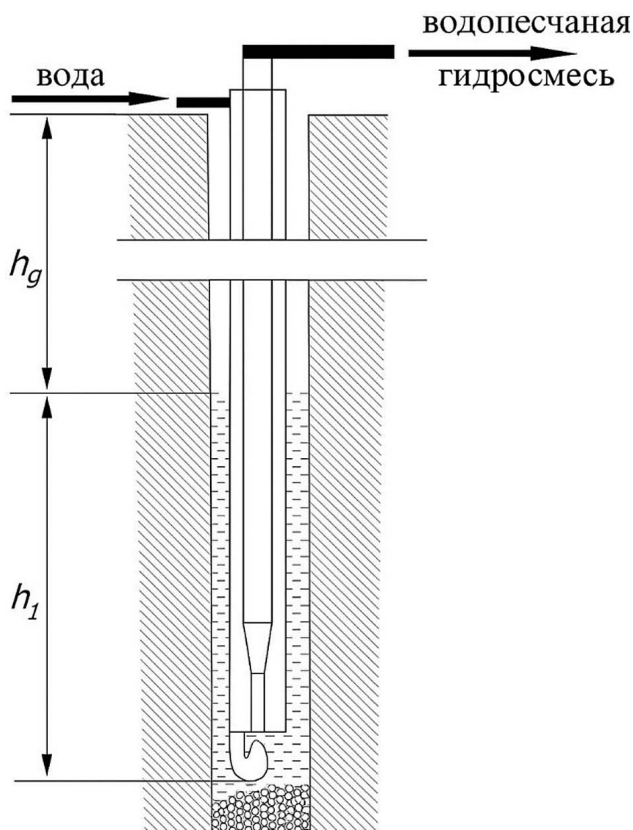


Рис. 1. Схема работы гидроэлеватора в скважине  
 Fig. 1. Diagram of a hydraulic elevator operating in a well

при эжектировании песчаной гидросмеси, причем при очистке от песчаной пробки величина подпора может быть создана в большинстве случаев соответствующей оптимальной безкавитационной работой гидроэлеватора [13].

На рисунке 1 показан гидроэлеватор, который размещен для работы в скважине с динамическим уровнем  $h_g$  и заглублен под уровень жидкости у забоя песчаной пробки на величину  $h_1$ .

Для работы гидроэлеватора к рабочей насадке подается напорная вода поверхностным силовым насосом, установленным на устье скважины (для этих целей может быть использован буровой насос). Рабочая вода плотностью  $\rho_0$  при расчетном количестве  $Q_0$  истекает из насадки гидроэлеватора под давлением  $P_0$ . Давление на поверхностном силовом насосе составляет  $P_H$ .

Уравнение равновесия в системе «гидроэлеватор — подводящие коммуникации» показано в виде (без учета потерь):

$$P_0 = P_H + \rho_0 \cdot g \cdot h_g + \rho_0 \cdot g \cdot h_1 \text{ или} \quad (1)$$

$$P_0 = P_H + \rho_0 \cdot g \cdot (h_g + h_1).$$

Откуда необходимое давление на поверхностном насосе составит

$$P_n = P_0 + \rho_0 \cdot g \cdot (h_g + h_1). \quad (2)$$

С учетом потерь в подводящих трубопроводах искомое давление на насосе равно

$$P_n = P_0 + \rho_0 \cdot g \cdot (h_g + h_1) + \rho_0 \cdot g \cdot h_{TP}, \quad (3)$$

где  $h_{TP}$  — потери напора на трение, м.

При этом давление, которое развивает гидроэлеватор, должно быть достаточным для подъема песчаной гидросмеси на заданную высоту при наличии потерь давления суммарным потоком жидкости в подъемном трубопроводе:

$$P_r = \rho_n \cdot g \cdot (h_g + h_n) + \rho_n \cdot g \cdot h_2, \quad (4)$$

где  $\rho_n$  — плотность гидросмеси в напорном трубопроводе гидроэлеватора, кг/м<sup>3</sup>;  $h_2$  — потери на трение в подъемной трубе, м вод. ст.

Эффективная эксплуатация гидроэлеватора соответствует предкавитационному режиму, где КПД максимально, тогда расход эжектируемого потока составит

$$Q_1 = \varphi \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot (10 - h_{нас})} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d_0^2), \quad (5)$$

где  $Q_1$  — эжектируемый расход, м<sup>3</sup>/с;  $h_{нас}$  — напор насыщенных паров эжектируемой гидросмеси, м вод. ст.;  $D, d_0$  — соответственно диаметр камеры смешения и насадки гидроэлеватора, мм.

Расходно-напорная характеристика гидроэлеватора представляет собой прямо пропорциональную зависимость между напором нагнетания гидроэлеватора и его производительностью по эжектированию (рис. 2). Причем КПД гидроэлеватора имеет максимальное значение при предкавитационном срыве работы.

Зная необходимую глубину заложения песчаной пробки в скважине и производительность гидроэлеватора по эжектированию и учитывая величину потерь напора в подводящих трубопроводах, можно определить давление на насадке, которая создаст необходимый напор за диффузором.

Имея значения коэффициента напора (отношение глубины заложения песчаной пробки к напору на рабочей насадке гидроэлеватора) и коэффициента эжекции (отношение эжектируемого расхода песчаной гидросмеси к расходу воды через насадку), можно рассчитать с достаточной точностью все параметры гидроэлеваторной установки при работе в скважине.

При работе гидроэлеватора в эксплуатационной скважине ПВ при подъеме песчаной гидросмеси

с достаточно больших глубин (около 400 м) количество рабочей воды, которое может быть подано к насадке гидроэлеватора, ограничивается гидравлическими потерями в подводящих коммуникациях, размеры которых определяются габаритными размерами эксплуатационных скважин ПВ.

### Результаты

Увеличение потерь в трубопроводах приводит к повышению рабочего давления на поверхностном насосе, что можно оценить по уравнению (3). Причем при значительных расходах воды величина давления на поверхностном насосе, идущего на покрытие потерь в трубах, становится очень значительной.

Например, расчетный диаметр эксплуатационных скважин на одном из месторождений Кызылкумского района составил:

- закачные состоят из труб:
  - а) ПВХ диаметром 63 мм (при толщине стенки 6,5 мм). Фильтр находится в интервале 380 м керамический дисковый фильтр (КДФ) — 91 мм, КДФ — 118 мм,
  - б) ПВХ диаметром 90 мм (при толщине стенки 8 мм). Фильтр находится в интервале 380 м КДФ — 118 мм;
- откачные состоят из труб:

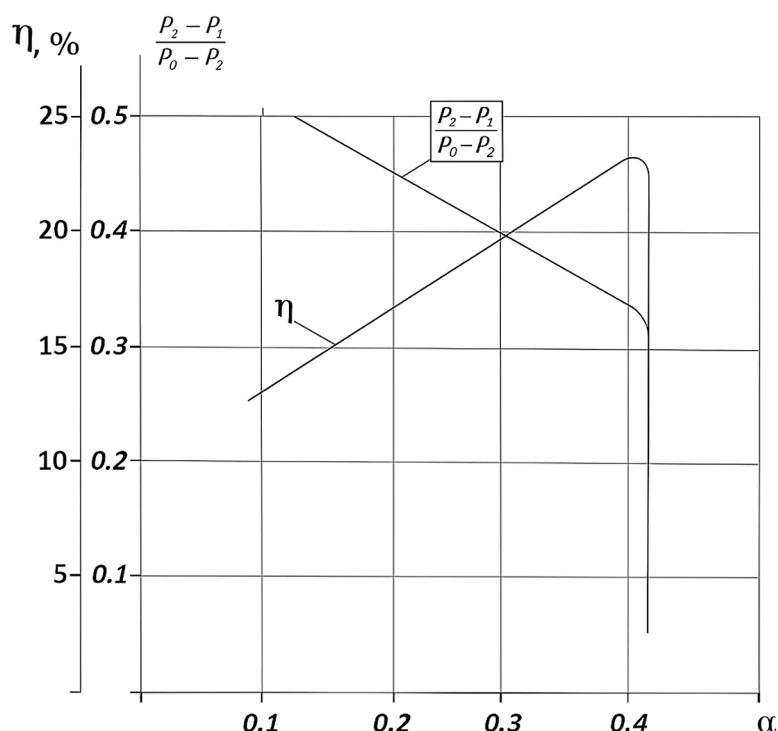


Рис. 2. Кавитационная характеристика гидроэлеватора  
Fig. 2. Cavitation characteristics of a hydroelevator

а) ПВХ диаметром 195 мм (при толщине стенки 145 мм). Фильтр находится в интервале 240—400 м,

б) ПВХ диаметром 140 мм (при толщине стенки 12 мм). Фильтр находится в интервале 380 м КДФ — 118 мм.

Если конструктивно принять подводящие коммуникации для подвода жидкости в виде двух соосных труб, то предварительные расчеты показали, что при диаметре внешней колонны 63 мм (толщина стенки 4 мм) и внутренней 55 мм (толщина стенки 3,5 мм) скорость гидросмеси в пульповоде составит достаточно большую величину — 5,67 м/с. При этом потери напора на трение (при диаметре насадки 5 мм) возрастают до практически нереальной величины 338 м.

Уменьшение диаметра рабочей насадки даже до 4 мм ведет к уменьшению потерь напора почти вдвое, а до 3,5 мм — почти в четыре раза.

Если принять внешний диаметр аппарата для чистки песчаных пробок в скважине 76 мм (при толщине стенки 4 мм), а внутреннюю пульповодную колонну диаметром 50 мм (при толщине стенки 4 мм), то потери напора в пульповоде значительно уменьшаются и составляют менее 20 м вод. ст. при глубине запескованного фильтра 400 м.

Исходя из этого очевидно, что давление на поверхностном силовом насосе желательно иметь

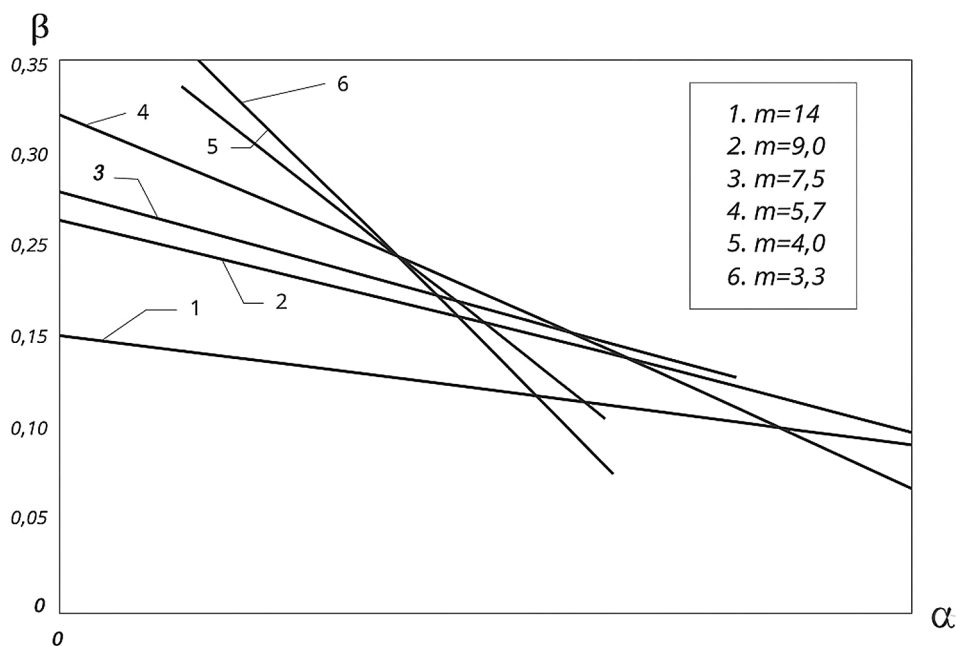
при работе наименьшим для обеспечения надежной и безопасной работы силового насоса и всех остальных узлов установки. Кроме того, возможности по созданию больших давлений на буровых агрегатах на участках ПВ ограничены как по технической характеристике, так и по состоянию последних.

Отсюда следует, что гидроэлеватор должен развивать необходимое давление при возможно минимальных давлениях на поверхностном насосе, т.е. в основном такой насос будет работать на преобразование кинетической энергии в потенциальную, удельные расходы такого насоса невелики.

С другой стороны, ограничения в подаче воды к рабочей насадке и создание больших давлений в насадке приводят к небольшим абсолютным размерам насадок гидроэлеватора, что влечет за собой значительные потери при истечении рабочей воды.

Особое значение при конструировании гидроэлеваторов для удаления песчаных пробок в прифильтровой зоне эксплуатационной скважины имеет соотношение площади поперечного сечения камеры смешения  $\omega$  и рабочей насадки  $\omega_0$ , что определяется основным геометрическим параметром  $m$ .

Некоторые результаты расчетов гидроэлеваторной установки по ликвидации песчаных пробок



**Рис. 3.** График зависимости расходно-напорных характеристик гидроэлеватора различных типоразмеров, где  $\beta = H_d / H_0$  — относительный напор эжектора,  $\alpha = Q_1 / Q_0$  — коэффициент эжекции

**Fig. 3.** Graph showing the dependence of the flow-pressure characteristics of hydroelevators of various sizes, where  $\beta = H_d / H_0$  — relative pressure of the ejector,  $\alpha = Q_1 / Q_0$  — ejection coefficient

**Таблица.** Основные расходно-напорные параметры эжекторного удаления песка в прифильтровой зоне технологической скважины

**Table.** Main flow and pressure parameters of ejector sand removal in the pre-filter zone of a production well

Показатели	Глубина пескования скважины		
	200	300	400
Конструкция аппарата «труба в трубе» Диаметр наружной колонны 63 мм (толщина стенки 4,0 мм) Диаметр внутренней колонны 38 мм (толщина стенки 3,5 мм)			
Напор на насосе, МПа	7,1	10,3	13,5
Расход, м <sup>3</sup> /ч	7,6	9,3	10,4
Потери напора в пульповоде, м	60	112	186
Время извлечения песчаной пробки длиной 15 м и диаметром 118 мм, мин	26	32	29
Диаметр наружной колонны 76 мм (толщина стенки 4,0 мм) Диаметр внутренней колонны 50 мм (толщина стенки 4,0 мм)			
Напор на насосе, МПа	6,2	8,5	11,0
Расход, м <sup>3</sup> /ч	7,1	8,6	9,8
Расход, м <sup>3</sup> /ч	26	50	69
Время извлечения песчаной пробки длиной 15 м и диаметром 118 мм, мин	28	23	20

в прифильтровой зоне эксплуатационных скважин приведены в таблице.

### Заключение

Расчетные зависимости по исследованию параметров эжекторов кольцевого и центрального типов показывают, что гидроэлеваторы с небольшим значением основного геометрического параметра ( $m = \omega/\omega_0 = 2\div 3$ ) создают достаточно большие напоры нагнетания при небольшой производительности по эжектированию песчаной гидросмеси. Гидроэлеваторы, у которых

камера смешения значительно превышает диаметр рабочей насадки ( $m = 8\div 25$ ), создают значительную производительность по эжектированию и могут использоваться для ликвидации песчаных пробок с глубин, не превышающих 30—40 м. Увеличить напор таких гидроэлеваторов можно и за счет подачи от поверхностного насоса большего давления. Но в этом случае значительно возрастают гидравлические сопротивления в узких каналах подводящих трубопроводов, ограниченных диаметром эксплуатационной скважины.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Аксенов Д.А., Севастьянов А.А. Методы борьбы с пескопроявлениями при эксплуатации скважин. Евразийский научный журнал. 2016. № 5. С. 396—398.
2. Бабкин А.С., Иванов А.Г., Михайлов А.Н., Гурулев Е.А., Алексеев Н.А., Иванов Д.А., Глотова О.Ю., Забайкин Ю.В. Восстановление производительности технологических скважин при скважинном подземном выщелачивании урана. Московский экономический журнал. 2019. № 10. С. 84—100.
3. Базлов М.Н., Жуков А.И., Чернов Б.С. Гидродинамические методы исследования скважин и пластов. М.: Государственное научно-техническое издательство нефтяной и горно-топливной литературы, 1960. 319 с.
4. Бекетов С.Б., Пуля Ю.А., Косяк А.Ю. Зависимость скорости разрушения песчано-глинистых пробок от величины дифференциального давления в системе скважина-пласт. ГИАБ. 2003. № 10. С. 8—9.
5. Березовский Д.А., Савенок О.В. Удаление песчаных пробок из скважин на примере ООО «Газпром добыча Краснодар». Архивариус. 2016. № 10(14). С. 5—10.
6. Ваганов Ю.В. К вопросу методологического обеспечения капитального ремонта скважин на современном этапе разработки месторождений. Известия вузов. Нефть и газ. 2014. № 6. С. 19—22.
7. Дробаденко В.П., Вильмис А.Л., Бурдин Д.Б., Калинин И.С., Луконина О.А., Салахов И.Н. Перспектива освоения месторождений дна морей и океанов. Под общ. ред. В.П. Дробаденко. М.: Недропользование XXI век, 2025. 500 с.
8. Зингер Н.М., Соколов Е.Я. Струйные аппараты. М.: Энергоатомиздат, 1989. 352 с.

9. *Ивашечкин В.В.* Расчет гидроэлеваторной установки для очистки водозаборных скважин от песчаных пробок. Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2016. Т. 59. № 1. С. 79—90.
10. *Медведева Ю.А., Ивашечкин В.В., Сацута Е.С.* Расчет параметров технологического оборудования гидроэлеваторной установки для удаления песчаных пробок из скважин. Наука и техника. 2022. № 4. С. 281—289.
11. *Паникаровский Е.В., Паникаровский В.В., Бельтиков Я.В.* Ликвидация пескопроявлений при эксплуатации скважин. Известия вузов. Нефть и газ. 2011. № 4. С. 51—55.
12. *Панов Ю.П., Брюховецкий О.С., Секисов А.Г.* К вопросу применения новых физико-химических геотехнологий освоения месторождений урановых руд. Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2023. Т. 65, № 1. С. 8—14.
13. *Парфёнов Р.С.* Проблемы повышения надежности штанговых глубинных насосных установок. Инновационная наука. 2023. № 12-2. С. 59—61.
14. *Юфин А.П.* Гидравлика, гидравлические машины и гидропривод. Учебник для механ. фак. строит. вузов. М.: Высш. школа, 1965. 427 с.

## REFERENCES

1. Aksenov D.A., Sevastyanov A.A. Methods of Combating Sand Manifestations During Well Operation. Eurasian Scientific Journal. 2016. No. 5. P. 396—398 (In Russ.).
2. Babkin A.S., Ivanov A.G., Mikhailov A.N., Gurulev E.A., Alekseev N.A., Ivanov D.A., Glotova O.Yu., Zabaykin Yu.V. Restoration of the productivity of production wells during underground uranium leaching. Moscow Economic Journal. 2019. No. 10. P. 84—100 (In Russ.).
3. Bazlov M.N., Zhukov A.I., Chernov B.S. Hydrodynamic methods for studying wells and formations. Moscow: State Scientific and Technical Publishing House of Oil and Fuel Literature, 1960. 319 p. (In Russ.).
4. Beketov S.B. Pulyu Yu.A., Kosyak A.Yu. Dependence of the rate of destruction of sand-clay plugs on the value of differential pressure in the well-formation system. GIAB. 2003. No. 10. P. 8—9 (In Russ.).
5. Berezovsky D.A., Savenok O.V. Removal of sand plugs from wells using the example of Gazprom Dobycha Krasnodar LLC. Archivarius. 2016. No. 10(14). P. 5—10 (In Russ.).
6. Vaganov Yu.V. On the methodological support of well workovers at the current stage of field development. University News. Oil and Gas. 2014, No. 6. P. 19—22 (In Russ.).
7. Vilmis A.L., Burdin D.V., Kalinin L.S., Lukonina O.A., Salakhov I.N. Prospects for the Development of Seabed and Ocean Deposits. Edited by V.P. Drobadenko, Moscow: Subsoil Use XXI Century Publishing House, 2025. 500 p. (In Russ.).
8. Zinger N.M., Sokolov E.A. Jet devices. Moscow: Energoatomizdat, 1989. 352 p. (In Russ.).
9. Ivashechkin V.V. Calculation of a hydro-elevator installation for cleaning water intake wells from sand plugs. Energy. News of Higher Educational Institutions and Energy Associations of the CIS. 2016. Vol. 59. No. 1. P. 79—90 (In Russ.).
10. Medvedeva Yu.A., Ivashchekin V.V., Satsuta E.S. Calculation of the parameters of the technological equipment of a hydro-elevator installation for removing sand plugs from wells. Science and Technology. 2022. No. 4. P. 281—289 (In Russ.).
11. Panikarovskiy E.V., Panikarovskiy V.V., Beltikov Ya.V. Elimination of sand production during well operation. University News. Oil and Gas. 2011, No. 4. P. 51—55 (In Russ.).
12. Panov Yu.P., Bryukhovetskiy O.S., Sekisov A.G. To the question of application of new physical and chemical geotechnologies in the development of uranium ore deposits. Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration. 2023;65(1):8—14 (In Russ.).
13. Parfenov R.S. Problems of increasing the reliability of deep well pumping units. Innovative Science. 2023. No. 12-2. P. 59—61 (In Russ.).
14. Yufin A.P. Hydraulics, Hydraulic Machines and Hydraulic Drives. Textbook for Mechanical Engineering Departments of Technical Universities, Prof. Dr. of Technical Sciences A.P. Yufin, Moscow: Higher School, 1965. 427 p. (In Russ.).

## ВКЛАД АВТОРОВ / AUTHOR CONTRIBUTIONS

Дробаденко В.П. — разработал концепцию и подготовил текст статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Valeriy P. Drobadenko — collected material, developed the concept and prepared text of the article, finally approved the published version of the article and agree to take responsibility for all aspects of the work.

## ТЕХНИКА ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ / GEOLOGICAL EXPLORATION TECHNIQUE

Стадник Д.А. — разработал концепцию и подготовил текст статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Салахов И.Н. — разработал концепцию и подготовил текст статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Тухватуллин Б.Ф. — разработал концепцию и подготовил текст статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Малухин Г.Н. — разработал концепцию и подготовил текст статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Боровков Ю.А. — разработал концепцию и подготовил текст статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Denis A. Stadnik — collected material, developed the concept and prepared text of the article, finally approved the published version of the article and agree to take responsibility for all aspects of the work.

Ilmir N. Salakhov — collected material, developed the concept and prepared text of the article, finally approved the published version of the article and agree to take responsibility for all aspects of the work.

Bulat F. Tukhvatullin — collected material, developed the concept and prepared text of the article, finally approved the published version of the article and agree to take responsibility for all aspects of the work.

Gregory N. Malukhin — collected material, developed the concept and prepared text of the article, finally approved the published version of the article and agree to take responsibility for all aspects of the work.

Yuriy A. Borovkov — collected material, developed the concept and prepared text of the article, finally approved the published version of the article and agree to take responsibility for all aspects of the work.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Дробаденко Валерий Павлович** — доктор технических наук, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры геотехнологических способов и физических процессов горного производства ФГБОУ ВО «Российский государственный геолого-разведочный университет имени Серго Орджоникидзе».

23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия  
e-mail: [drobadenko@mail.ru](mailto:drobadenko@mail.ru)  
SPIN-код: 3176-6995  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5983-0568>

**Стадник Денис Анатольевич** — доктор технических наук, заведующий кафедрой горного дела ФГБОУ ВО «Российский государственный геолого-разведочный университет имени Серго Орджоникидзе».

23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия  
e-mail: [stadnikda@mgri.ru](mailto:stadnikda@mgri.ru)  
SPIN-код: 1572-5751  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1271-6762>

**Valery P. Drobandenko** — Dr. Sci. (Tech.), Honoured Scientist of the Russian Federation, Professor in the Department of Geotechnological Methods and Physical Processes of Mining Production at Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting.

23 Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia  
e-mail: [drobadenko@mail.ru](mailto:drobadenko@mail.ru)  
SPIN-code: 3176-6995  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5983-0568>

**Denis A. Stadnik** — Dr. Sci. (Tech.), Head of the Department of mining Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting.

23 Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia  
e-mail: [stadnikda@mgri.ru](mailto:stadnikda@mgri.ru)  
SPIN-code: 1572-5751  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1271-6762>

**Салахов Ильмир Наильевич\*** — кандидат технических наук, доцент кафедры геотехнологических способов и физических процессов горного производства ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе».  
23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия  
e-mail: [salahovin@mgri.ru](mailto:salahovin@mgri.ru)  
SPIN-код: 6224-4685  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7245-2274>

**Тухватуллин Булат Финарович** — преподаватель кафедры геотехнологических способов и физических процессов горного производства ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе».  
23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия  
e-mail: [tbf@mgri.ru](mailto:tbf@mgri.ru)  
SPIN-код: 6327-3489  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-4592-8128>

**Малухин Григорий Николаевич** — кандидат технических наук, заместитель директора ООО «Шхата Сибирская».  
4, пер. Давыдова, п. Красногорский 652560, Россия  
e-mail: [gmalukhin@yandex.ru](mailto:gmalukhin@yandex.ru)  
Author ID: 375858

**Боровков Юрий Александрович** — доктор технических наук, профессор кафедры геотехнологических способов и физических процессов горного производства Российского государственного геологоразведочного университета им. С. Орджоникидзе.  
23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия  
SPIN-код: 5810-5657  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0314-067X>

**Ilmir N. Salakhov\*** — Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor in the Department of Geotechnological Methods and Physical Processes of Mining at Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting.  
23 Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia  
e-mail: [salahovin@mgri.ru](mailto:salahovin@mgri.ru)  
SPIN-code: 6224-4685  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7245-2274>

**Bulat F. Tukhvatullin** — Tutor of the Department of Geotechnological Methods and Physical Processes of Mining Production at Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting.  
23 Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia  
e-mail: [tbf@mgri.ru](mailto:tbf@mgri.ru)  
SPIN-code: 6327-3489  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-4592-8128>

**Gregory N. Malukhin** — Cand. Sci. (Tech.), Vice Director of Siberian Mine LLC.  
4, Davydov lane, Krasnogorsk settlement 652560, Russia  
e-mail: [gmalukhin@yandex.ru](mailto:gmalukhin@yandex.ru)  
Author ID: 375858

**Yuriy A. Borovkov** — Dr. Sci. (Tech.), Prof., Department of Geotechnological Methods and Physical Processes of Mining, Faculty of Engineering, Prospecting and Mining, Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting  
23, Miklukho-Maklay str., Moscow 117997, Russia  
SPIN-code: 5810-5657  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0314-067X>

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author