

Таким образом, в работе продемонстрированы результаты первичной обработки изображений компьютерной томографии с низким разрешением для последующего решения задач геомеханического моделирования. Был выбран ряд средств фильтрации для оценки их применимости для таких изображений. По результатам исследования был выбран фильтр нелокального среднего, как наиболее оптимальный вариант по соотношению качества результата и времени обработки.

*Работа выполнена при грантовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь.*

#### Литература

1. Технология анализа и цифрового моделирования керна как составляющая часть инфраструктуры «цифрового месторождения». От геологоразведки до промышленной эксплуатации / В. Я. Шкловер [и др.] // Недропользование XXI век. – 2018. – № 5 (75). – С. 84–97.
2. Digital rock physics benchmarks. Part II: Computing effective properties / Andrä, Heiko [et al.]” *Comput. Geosci*, 50, 2013. – P. 33–43.
3. Guntoro, P. I.; Ghorbani, Y.; Koch, P.-H.; Rosenkranz, J. X-ray Microcomputed Tomography ( $\mu$ CT) for Mineral Characterization: A Review of Data Analysis Methods. *Minerals*. – 2019. – P. 9, 183. DOI.org/10.3390/min9030183

### **ИСТОЧНИКИ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ В ПОТОКЕ ДОБЫВАЕМОЙ ЖИДКОСТИ. ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СТРУЙНОГО НАСОСА ДЛЯ ОСВОЕНИЯ СКВАЖИН ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА**

**В. С. Горбаченко**

*Белорусский научно-исследовательский и проектный институт нефти,  
г. Гомель*

Научный руководитель Н. А. Демяненко

*Одним из осложняющих факторов в добыче нефти по многим нефтедобывающим регионам является наличие повышенной концентрации механических примесей в потоке добываемой продукции. Это часто приводит к отказу или снижению напорно-расходных характеристик скважинного насосного оборудования. В данной работе рассмотрены причины появления механических примесей в продукции скважин на месторождениях Припятского прогиба и опыт применения струйного насоса для очистки ствола скважины и призабойной зоны пласта от механических примесей перед спуском в скважины глубинно-насосного оборудования.*

**Ключевые слова:** механические примеси, освоение скважины, струйный насос.

Как показывает практика, на скважинах месторождений Припятского прогиба, введенных в эксплуатацию после бурения, капитального или подземного ремонтов, в начальный период времени их эксплуатации (до 30 суток) отмечается повышенная концентрация твердых частиц в потоке добываемой продукции. Высокое содержание механических примесей в потоке добываемой жидкости приводит к отказу глубинно-насосного оборудования (заклинивание, слом элементов) или снижению его напорно-расходных характеристик. Это требует проведения внепланового ремонта скважин по смене глубинно-насосного оборудования (ГНО). Поэтому направление по изучению вопросов о причинах появления механических примесей в потоке добываемой жидкости и методах очистки ствола скважины с призабойной зоной пласта (ПЗП) от них является актуальным.

Цель работы – определение источников механических примесей в потоке добываемой жидкости. Применение струйного насоса для освоения и эксплуатации скважин Припятского прогиба.

Для определения источников механических примесей в добываемой продукции выполнялись отборы проб твердой массы из поднятого со скважин насосного оборудования. Лабораторный анализ показал, что основными составляющими отобранных проб являются:

- 1) глина, песок;
- 2) резиновая крошка, древесные опилки;
- 3) проппант;
- 4) металлические частицы, продукты коррозии.

Глина и песок в большей степени отмечаются в пробах, отобранных из насосного оборудования, поднятого из скважин после бурения и в меньшей степени – из скважин после капитального и подземного ремонтов. Вынос песка или глины из нефтенасыщенных коллекторов Припятского прогиба маловероятен, так как коллектора представлены крепкими консолидированными карбонатными и цементированными терригенными породами. Следовательно, глина и песок заносятся в скважину в процессе ее бурения и выполнения ремонтных работ.

Резиновая крошка и древесные опилки добавляются в буровой раствор с целью ликвидации интенсивных поглощений раствора в пласты с низким пластовым давлением, что объясняет их проявление на скважинах после бурения или после перехода на другой интервал/горизонт.

В случае рассмотрения проппанта в качестве загрязнителя ГНО, данный компонент может попасть в скважину при проведении гидравлического разрыва пласта, при котором расклинивающий материал (проппант) либо не полностью закачивается в трещину, либо плохо закреплен в трещине, либо не отмыт из скважины после освоения.

Наличие металлических частиц и продуктов коррозии в потоке добываемой жидкости отмечается на скважинах после проведения любых работ. При выполнении спускоподъемных операций (замены) ГНО происходит обтирание внутренней поверхности эксплуатационной колонны наружной поверхностью колонны насосно-компрессорных труб (НКТ). В результате чего продукты коррозии, образовавшиеся на соответствующих поверхностях эксплуатационной колонны и НКТ, срываются и попадают в скважинную жидкость. В случае интенсификации притока жидкости из продуктивного пласта при помощи кислоты процесс коррозии взаимодействующих с кислотой элементов усиливается. В результате коррозионных процессов образуются продукты коррозии, представляющие собой твердые частицы, которые в процессе эксплуатации скважины оседают на забой или выносятся потоком добываемой жидкости на дневную поверхность. Если рассматривать нововведенные скважины (после бурения), то в этом случае металлические частицы образуются в результате выполнения перфорационных, фрезеровочных и тому подобных работ.

Поэтому для снижения вероятности выхода из строя глубинно-насосного оборудования необходимо на скважинах после геолого-технических мероприятий осуществлять как очистку ствола скважины, так и ПЗП.

Для выполнения очистных мероприятий на скважинах месторождений Припятского прогиба применяются следующие технологии: компрессирование, комплексная очистка скважины (желонкой очистной с тарельчатыми клапанами), колтюбинг с гидромониторными насадками, прямая/обратная промывка или комбинированный подход. Однако представленные выше способы не позволяют создать на пласт депрессию, достаточную для извлечения из ПЗП всех механических примесей, что снижает качество очистки ПЗП.

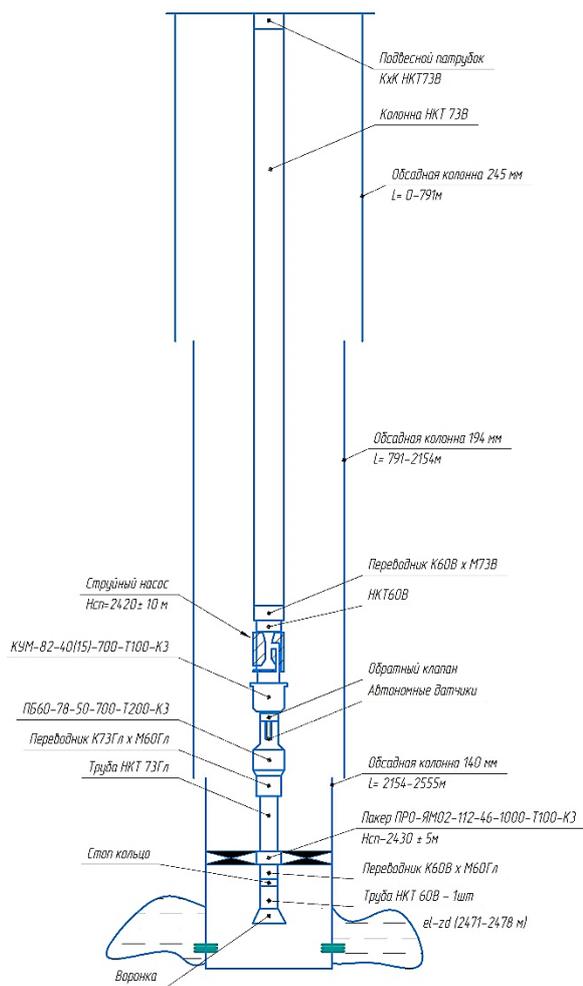


Рис. 1. Технологическая схема размещения подземного оборудования

Одним из возможных способов освоения скважин, позволяющих очистить ствол скважины и ПЗП от механических примесей, является технология воздействия глубокими переменными депрессиями с применением струйного насоса. Для адаптации рассматриваемой технологии к условиям эксплуатации скважин на месторождениях Припятского прогиба было подобрано технологическое оборудование, разработаны технологические схемы, сконструирован наземный фильтр тонкой очистки. Конструкция рассматриваемого струйного насоса позволяет выполнять следующие виды работ:

1) освоение скважины, в случае применения вставки при которой рабочая жидкость нагнетается в колонну насосно-компрессорных труб, а пластовая продукция поднимается на дневную поверхность по затрубному пространству скважины;

2) добыча нефти в длительном режиме, в случае применения вставки при которой рабочая жидкость нагнетается в затрубное пространство скважины, а добываемая пластовая продукция поступает на дневную поверхность по НКТ;

3) закачка химического реагента (к примеру, кислоты) в пласт при установке блокирующей вставки в корпус струйного насоса;

4) опрессовка колонны НКТ и затрубного пространства (пакер, эксплуатационную колонну) при установке опрессовочной вставки в корпус струйного насоса;

5) проведение гидродинамических исследований.

Была разработана программа работ и проведены опытно-промысловые испытания данной технологии на четырех скважинах Припятского прогиба. На основании испытаний было установлено, что данная технология позволяет выполнить очистку ствола скважины и призабойной зоны пласта от механических примесей, а также проводить гидродинамические исследования по определению пластового давления и коэффициента продуктивности скважины.

В результате испытаний доработаны технологические схемы размещения и обвязки подземного и наземного оборудования, которые представлены на рис. 1 и 2.

Выполненные опытные работы позволили обосновать критерии выбора объектов, на которых целесообразно проводить очистку ствола скважины и ПЗП с применением технологии дренирования пласта струйным насосом. Эту технологию рекомендовано применять на скважинах:

- после ГТМ, где суммарный период освоения с выходом на установившийся режим работы планируется не более семи суток;
- вновь пробуренных, по которым необходимо выполнить экспресс-оценку добычных возможностей и на которых отсутствует инфраструктура (нефтелиния, ВЛ)
- с низким пластовым давлением, по которым необходимо произвести глубокую очистку призабойной зоны пласта;
- в которых отмечались поглощения буровых растворов;
- в которых пласты вскрывались бурением с высокими репрессиями на пласт (более 5,0 МПа);
- по которым имеется необходимость проведения как очистки ПЗП, так и гидродинамических исследований с целью корректного подбора погружного оборудования.

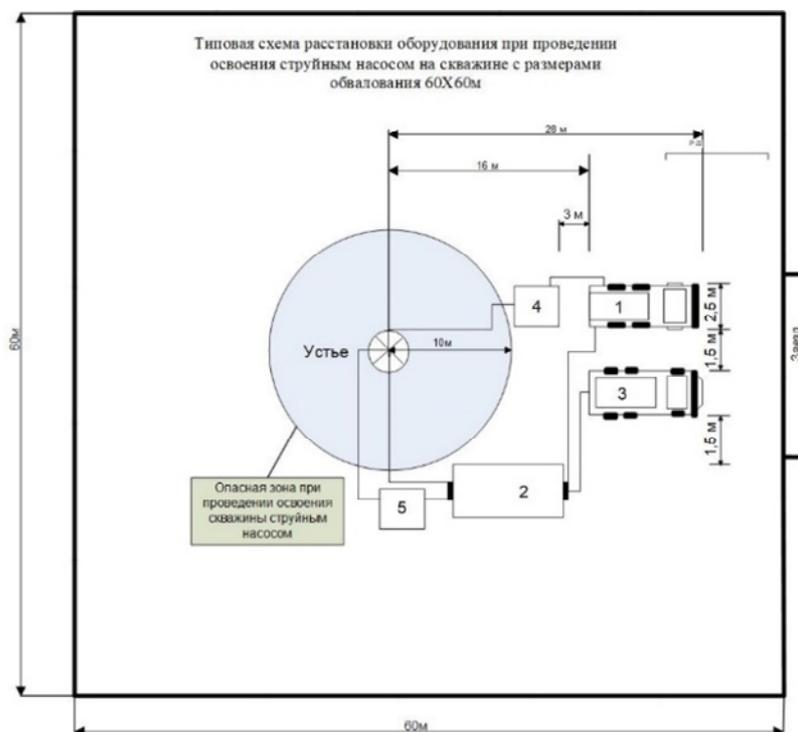


Рис. 2. Технологическая схема обвязки наземного оборудования:  
 1 – агрегат УН-12 или Н-505; 2 – мерная емкость;  
 3 – автоцистерна; 4 – блок фильтрации; 5 – насос для раскочки жидкости из емкости в н/л

Наличие твердых взвешенных частиц в потоке добываемой жидкости является актуальной проблемой для скважин Припятского прогиба. Для очистки ствола скважины и ПЗП рассмотрена технология струйного насоса с замкнутой системой подачи рабочей жидкости.

Разработанные технологические схемы, выбранное и сконструированное оборудование позволяют выполнять освоение и эксплуатацию, а также проводить гидродинамические исследования скважин месторождений Припятского прогиба с использованием струйного насоса.

## К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МОБИЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ

К. В. Ридкина

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель С. И. Кирилук

*Рассмотрен вопрос повышения тягово-эксплуатационных показателей работы почвообрабатывающих машин за счет рационального распределения тягового сопротивления между энергетическим и технологическим (опорная тележка с ведущими колесами) модулями мобильного агрегата при наименьшей величине потерь мощности на буксование движителей.*

**Ключевые слова:** мобильное энергосредство, тяговое усилие, тяговое сопротивление, тяговая мощность, тенденции, эффективность.

Перспективное направление для использования высокоэнергонасыщенных мобильных энергосредств на обработке почвы открывает модульная схема построения агрегата. Так, на пахоте эта схема включает энергетический модуль (источник энергии, в качестве которого используется тяговое энергосредство) и технологический модуль, получающий привод от энергетической установки основного модуля. Между модулями предполагается навесить рабочую машину – плуг. Технологический модуль – это приспособление в виде опорной тележки с ведущими колесами.

Привод ведущих колес технологического модуля осуществляется от двигателя трактора посредством гидравлической системы или электрической системы с гидравлической или электромеханической бесступенчатой трансмиссией. В таком агрегате тяговое усилие будет создаваться как сумма масс энергетического и технологического модулей. Масса технологического модуля используется для создания дополнительной силы тяги. При этом только часть мощности двигателя трактора будет реализовываться через его ходовую систему, и его удельная материалоемкость может быть снижена. В зависимости от соотношения сцепных весов трактора и технологического модуля может быть обеспечен прирост тягового усилия в пределах от 30 до 70 %. Это позволяет увеличить тяговую мощность мобильных энергосредств в таком агрегате можно в 1,3–1,5 раза в сравнении с агрегатами, построенными по традиционной схеме.

Производительность выполняемого технологического процесса будет зависеть от характера распределения тягового сопротивления почвообрабатывающей машины между энергетическим и технологическим модулями мобильного энергетического средства при работе агрегата. Тогда тяговое сопротивление почвообрабатывающей машины  $F_{\text{ТЯГ}}$  будет равно: