

Роль высокоэнергетических технических средств в реализации коммерческих проектов
повышения нефтеотдачи.

Г.П. Лопухов¹, С.В. Гурьев² (1 - МФТИ, 2 - ООО «Фирма «Геосейс»)

Роль высокоэнергетических технических средств при реализации коммерческих проектов повышения нефтеотдачи, рассмотрим на примере внедрения метода вибросейсмического воздействия. Метод вибросейсмического воздействия основан на закачке энергии инфразвуковых колебаний (10-40 Гц), которую на определенных (доминантных) частотах поглощает, в частности, горная порода нефтяного пласта, увеличивая свою энергонасыщенность. Начиная с самого начала освоения метода, когда не были известны основные требования к техническим средствам для проведения вибровоздействия, использовались источники, предназначенные для решения задач глубинного зондирования Земли. Это мощные дебалансные 100 тонные виброисточники, частотный диапазон которых, как оказалось, не соответствовал необходимому для вибросейсмического воздействия. Они нашли свое применение при проведении опытно-промысловых работ по вибросейсмическому воздействию с поверхности в Сибири. Результаты, полученные с их применением, не были столь впечатляющими, чтобы заинтересовать нефтяные компании. Такая же участь была и у вибрационных источников геофизического типа СВ-10/100 и их модификаций, предназначенных для проведения сейсморазведочных работ. Являясь отличным инструментом для проведения исследований по влиянию сейсмических колебаний на поведение горной породы нефтяного пласта, они, тем не менее, имели низкие мощностные характеристики, что приводило к низким технологическим результатам в условиях слабоэнергонасыщенных нефтяных пластов. Более того, стремление снизить расходы при проведении опытно-промысловых работ по вибросейсмическому воздействию толкало исследователей на создание различных гибридных устройств с использованием уже имеющегося промышленного оборудования, как-то станки-качалки в качестве приводов, плунжерные пары в качестве устройств аккумуляции энергии и т.д. Все это приводило к скромным технологическим результатам и в конечном итоге к мнению производителей о невозможности этой технологии быть отличным инструментом доизвлечения нефти из заводненных пластов. В то же время существовали попытки переломить ситуацию и в условиях отсутствия финансирования для эффективной реализации технологии вибросейсмического воздействия предложить более совершенные технические средства. Речь идет о применении волноводов для доставки энергии колебаний с поверхности прямо в нефтяной пласт, минуя вышележащую толщу пород, совмещенных с наземными источниками. В качестве наземных устройств предлагали вначале обычные сваебойки,

электрогидравлические молоты типа МЭМ-2000, предназначенные для дробления горных пород. В этом случае более эффективный вибрационный принцип воздействия был заменен на импульсный, что снизило общую эффективность от внедрения. В то же время с подобным устройством на Жирновском месторождении за год было добыто с опытного участка более 50 тыс. тонн нефти при плановых около 200 тыс. тонн.

Таким образом, для **эффективного использования в нефтяных компаниях наработанного научного потенциала технологии разработки нефтяных месторождений в завершающей стадии с применением вибросейсмического воздействия достаточным условием является применение адаптированных технических средств.** Опыт проведения промысловых работ показал, что одним из основных критериев успешности работ является обеспечение высокого темпа закачки волновой энергии в нефтяной пласт с минимальными потерями. Поскольку горные породы, слагающие нефтяные пласты, избирательно потребляют энергию в частотном диапазоне, необходимо иметь генераторы с перестраиваемой частотой. Такими возможностями обладают вибрационные источники геофизического типа. Прототипом генератора колебаний в комплексе технических средств вибросейсмического воздействия на нефтяные пласты может служить известный геофизикам вибрационный источник типа СВ-30/120, у которого, впрочем, система управления выполнена без учета требований к высокой степени точности задающего сигнала. Это существенно упрощает систему управления и позволяет использовать при ее создании отечественные системы и комплектующие, что удешевляет источник. Таким образом, примерная компоновка адаптированного к использованию в технологии вибросейсмического воздействия источника колебаний выглядит следующим образом [1], [2].

Устройство для вибросейсмического воздействия состоит из наземного источника колебаний, который содержит возбудитель вибраций (гидравлический исполнительный механизм) (рис.1), состоящий из поршня и инерционной массы, образующими полости для жидкости, поступающей от системы питания и управления. Возбудитель вибраций помещен в силовую раму, отцентрированную с помощью демпфирующих устройств относительно устья скважины. Поршень возбудителя вибраций связан с верхним концом волновода, элементы которого в резьбовых соединениях связаны замками и отцентрированы относительно стенок возбуждающей скважины. Нижний конец волновода связан с излучателем, установленным в интервале пласта.

Устройство вибросейсмического воздействия работает следующим образом. На выбранном участке из скважины удаляются насосно-компрессорные трубы и проводят подготовительные операции по спуску излучателя.

После этого над скважиной устанавливают наземный источник колебаний, излучающий элемент (поршень) которого связывают с волноводным устройством. После проведения описанных монтажных работ включают источник колебаний, система питания и управления которого управляет потоками жидкости, поступающими в полости возбуждателя вибраций. Возбудитель вибраций вырабатывает колебания заданной амплитуды и частоты поршня, которые распространяются дальше по волноводу, достигая излучателя, где преобразуются в волны сдвига (поперечные волны) и в продольные волны сжатия-растяжения. Жесткая связь излучателя с породой обеспечивает возбуждение в среде колебаний, которые распространяются по скелету породы с малым затуханием на низких частотах.

Другая реализация с применением волноводов включает использование импульсного источника в качестве генератора силовых импульсов, которая имеет свои преимущества. В качестве привода может быть использован надежный и высокопроизводительный импульсный сейсмоисточник «Геотон-15». Основные технические характеристики сейсмоисточника «Геотон-15» приведены в Таблице 1.

Таблица 1

Привод	Коротко ходовой электродвигатель
Сила, кН	260
Длительность формирования импульса, мс	4 - 7
Масса, кг	600
Энергия, Дж	1500
Отношение силы к массе, Н/кг	430
Интервал между воздействиями, с	6
Потребляемая мощность, кВт	0.25

Приведем некоторые результаты опытно-промысловых работ по вибросейсмическому воздействию, в которых использовались оба вибрационный и импульсный принципы реализации силового воздействия на нефтяной пласт.

Месторождение Чангыр-Таш (Киргизия) одно из старейших в Ферганской долине, разрабатывается с 1938 года. На момент проведения опытно-промысловых работ велась разработка III горизонта, приуроченного к продуктивным отложениям палеогена. III горизонт представлен светло-бурыми мелко-зернистыми песчаниками с прослоями глин. Средняя глубина горизонта 410-570 м. Пористость его изменяется в пределах 10.5-23%. Проницаемость 0.3-30.1 мД, нефтенасыщенность 0.6. Общая толщина горизонта – 25 м,

эффективная 5.7-6.4 м. Плотность нефти в поверхностных условиях 876.9 кг/м³. Динамическая вязкость 35 мПа*с. Газовый фактор 30.9м³/т. Объект дренируется преимущественно при упруговодонапорном режиме. Залежь III горизонта эксплуатируется 89 скважинами, вода по площадной системе закачивается в 25 скважин. За время разработки на период проведения опытно-промысловых работ было добыто 1150 тыс. тонн нефти, обводненность достигала 70%. Коэффициент текущей нефтеотдачи равнялся 0.31, конечной – 0.35.

Для испытаний было выбрано 2 опытных участка.

Нефтяной пласт на первом опытном участке имеет толщину 18-25 м, его кровля простирается на глубине 240-448 м, благодаря наклону под углом 35° к горизонту. Продуктивный пласт, состоящий из мелкозернистого песчаника, проницаемость которого 20 мД, находится в слое малиновых глин. В среднем дебит нефти по участку до вибрсейсмического воздействия составлял 2.654 т/сут. Во время проведения вибросейсмического воздействия в течение месяца средний дебит по участку составил 3.719 т/сут. Следовательно, прирост к плановым показателям составил 40%. Вибровоздействие осуществляли с поверхности 2 электромагнитных молота МЭМ-2000. Глубина кровли около 300 м.

На втором опытном участке продуктивный пласт залегают на глубине порядка 600 м. Вибросейсмическое воздействие осуществлялось 1 источником МЭМ-2000, совмещенным с волноводом. Характеристика вытеснения приведена на рис. 2. Обводненность продукции контролируемых скважин до проведения вибросейсмического воздействия (по данным за 6 месяцев) составила 88,8%. Обводненность во время проведения в июле вибросейсмического воздействия составила 82.58%. За последующие 2 месяца после проведения вибросейсмического воздействия обводненность составила 78.42%. Дебит нефти увеличился на 6.4% во время проведения воздействия. За 2 последующих месяца дебит нефти увеличился на 39.1% по отношению к дебиту нефти до проведения вибросейсмического воздействия. Наблюдалась следующая динамика изменения дебитов добываемой жидкости и нефти в процессе разработки. До вибровоздействия дебит жидкости/нефти составлял 74.89/9.43 т/сут. Во время проведения вибросейсмического воздействия дебит жидкости/нефти составлял 56.54/10.03 т/сут. За последующие 2 месяца после проведения вибросейсмического воздействия составлял 59.38/13.12 т/сут.

Месторождение Жирновское (Волгоградская область) вступило в разработку в 1951 году. Основным объектом разработки является нефтяная залежь пласта Б₁ тульского горизонта. На этот объект в основном и было направлено воздействие упругими колебаниями. Он

сложен песками и песчаниками. Выше и ниже имеются глинистые экраны, изолирующие залежь от других пластов. В пределах контура нефтеносности общая толщина изменяется от 2 до 44 м, нефтегазонасыщенная толщина залежи колеблется от 2 до 39 м. Пласт включает ряд проницаемых прослоев (от 1 до 6), которые сообщаются между собой. Пористость в продуктивной части определена по керну (18-35%) и по геофизическим данным (9-25%). Проницаемость по керну составляет от 0.004 до 5.0 мкм², по гидродинамическим исследованиям от 0.1 до 5.0 мкм². Нефтегазонасыщенность определена по геофизическим данным во всех продуктивных скважинах и составила ~89%. Разработка газонефтяной залежи пласта Б₁ ведется с поддержанием пластового давления методом законтурного заводнения. Среднегодовая обводненность продукции составила на время проведения работ 92%. Вибросейсмическое воздействие осуществляли через волноводное устройство, в качестве источника колебаний применяли электромагнитный молот МЭМ-3000. После первого цикла воздействия отмечался высокий рост дебита нефти и снижение процента воды в добываемой продукции. Прирост добычи нефти по опытному участку составил 54%, а обводненность продукции снизилась на 6%. Дополнительная добыча составила более 50 тыс. тонн нефти (рис.3).

На месторождении Речицкое (Беларусь) были проведены опытно-промысловые работы по совершенствованию технологии вибросейсмического воздействия с поверхности. Вибросейсмическое воздействие проводилось виброисточниками СВ-30/120 на межсолевые карбонатные отложения (глубина залегания около 2000 м). Межсолевые залежи сложены коллекторами VII-IX пачек задонского и IV пачки задонско-елецкого горизонтов. Проведенные опытно-промысловые работы по вибросейсмическому воздействию показали, что по скважинам с обводненностью более 80% за 6 месяцев после вибровоздействия дополнительная добыча нефти составила более 4700 тонн. К примеру, скважина 191 g2, имеющая горизонтальный участок ствола в IV пачке протяженностью 199 м, снизила обводненность с 83.43% в мае 2005 до 34.3% в июле (рис. 4) и увеличила дебит нефти с 294 до 1109 тонн в месяц [3]. Отмечено, что определяющим фактором увеличения добычи нефти был фактор, связанный с мощностными параметрами флота виброисточников.

Выводы

Трудом большого числа научных исследовательских коллективов созданы необходимые условия для широкого освоения технологии разработки месторождений в завершающей стадии с применением вибросейсмического воздействия в нефтяных компаниях.

Достаточные условия на данный момент не реализованы. Возможности технологии могут реализовать только мощные комплексы технических средств вибросейсмического воздействия.

Литература

1. Лопухов Г.П. Способ разработки обводненного нефтяного месторождения и устройство для его осуществления/ Патент РФ №2163660, оп. 27.02.2001, бюл. №6.
2. Лопухов Г.П. Способ разработки обводненного нефтяного месторождения и устройство для вибросейсмического воздействия на это месторождение/ Патент РФ №2172819, оп. 27.08.2001, бюл. №24.
3. Ляхов А.А. и др. Повышение нефтеотдачи пластов вибросейсмическим воздействием на месторождениях Республики Беларусь / Бурение и нефть, 07-08/2006, с. 36-39.

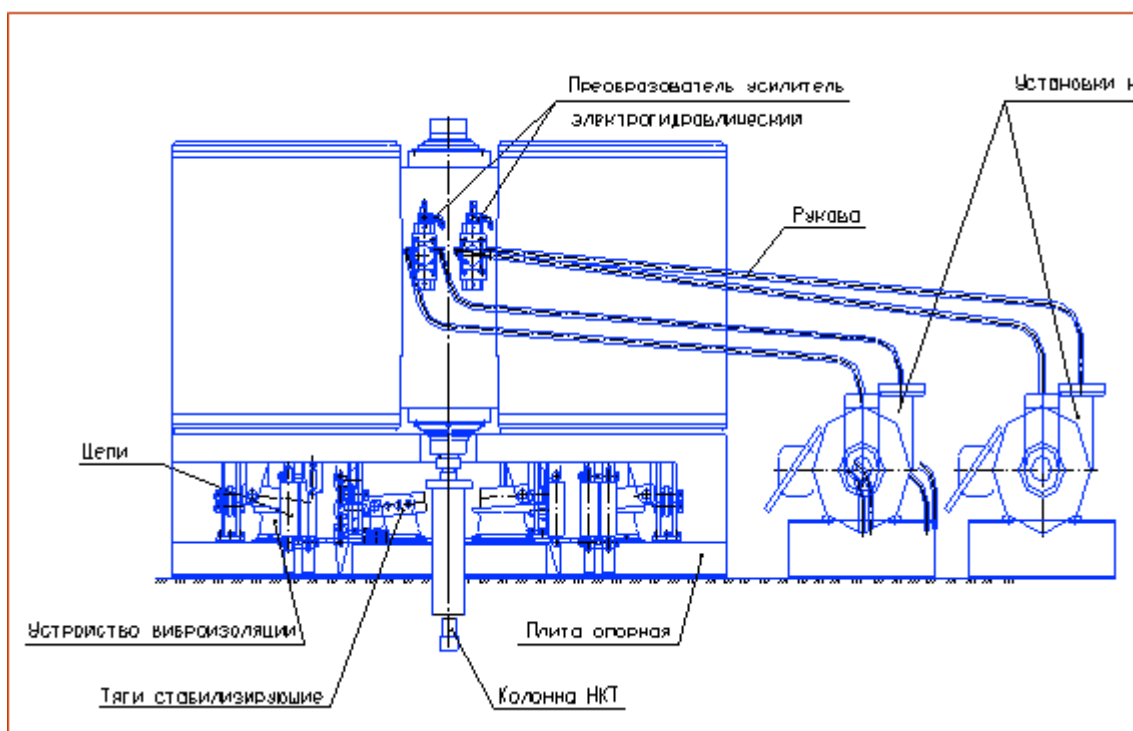


Рис.1 Схема устройства для вибросейсмического воздействия (наземная часть)

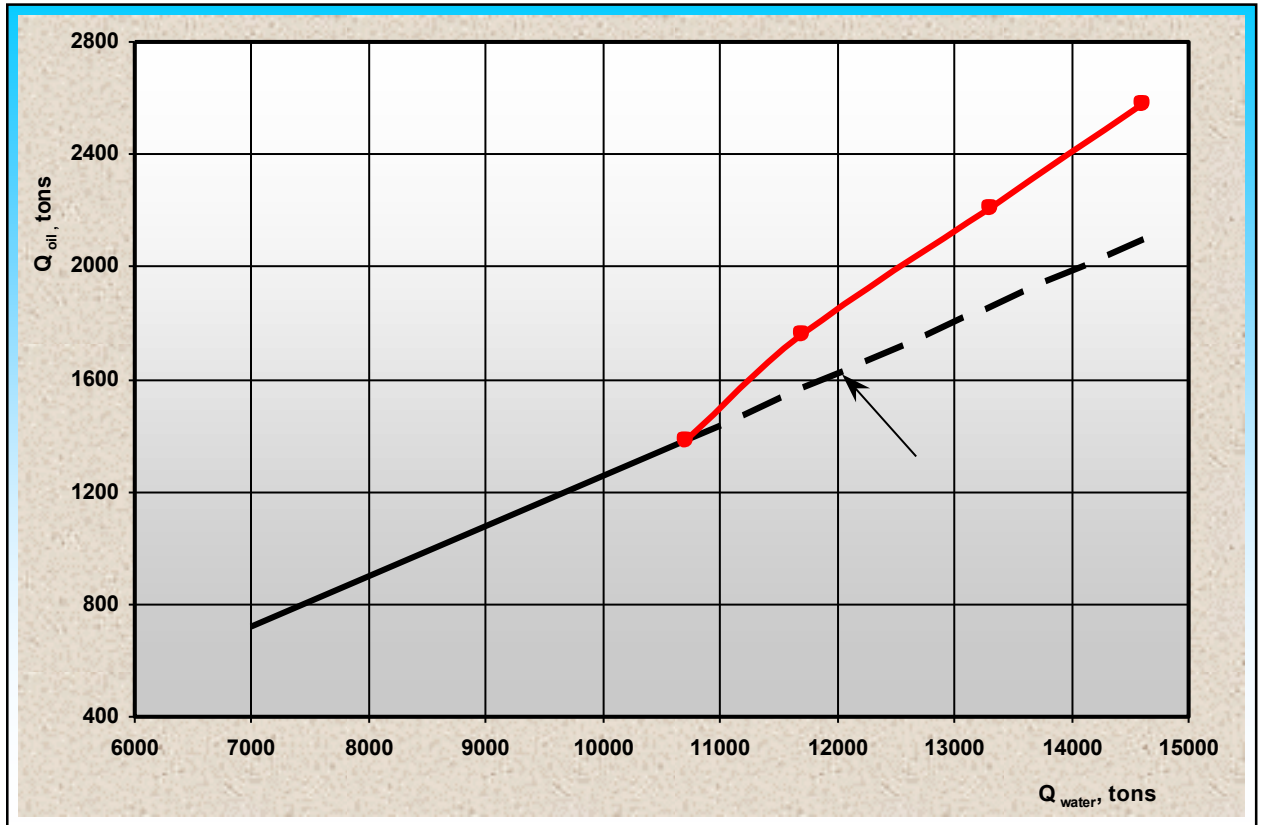


Рис.2 Характеристика вытеснения, описывающая историю разработки 2 опытного участка месторождения Чангыр-Тащ на исследуемом отрезке времени

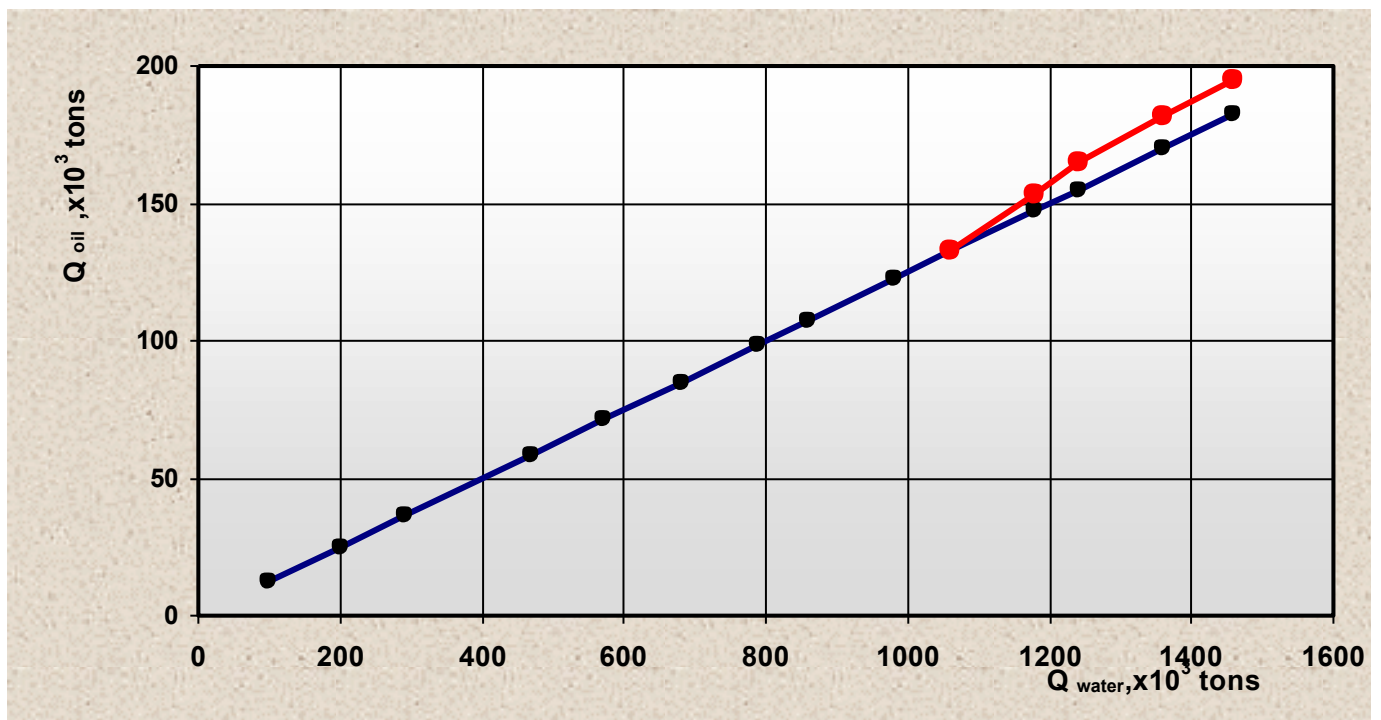


Рис.3 Характеристика вытеснения, описывающая историю разработки опытного участка месторождения Жирновское на исследуемом отрезке времени

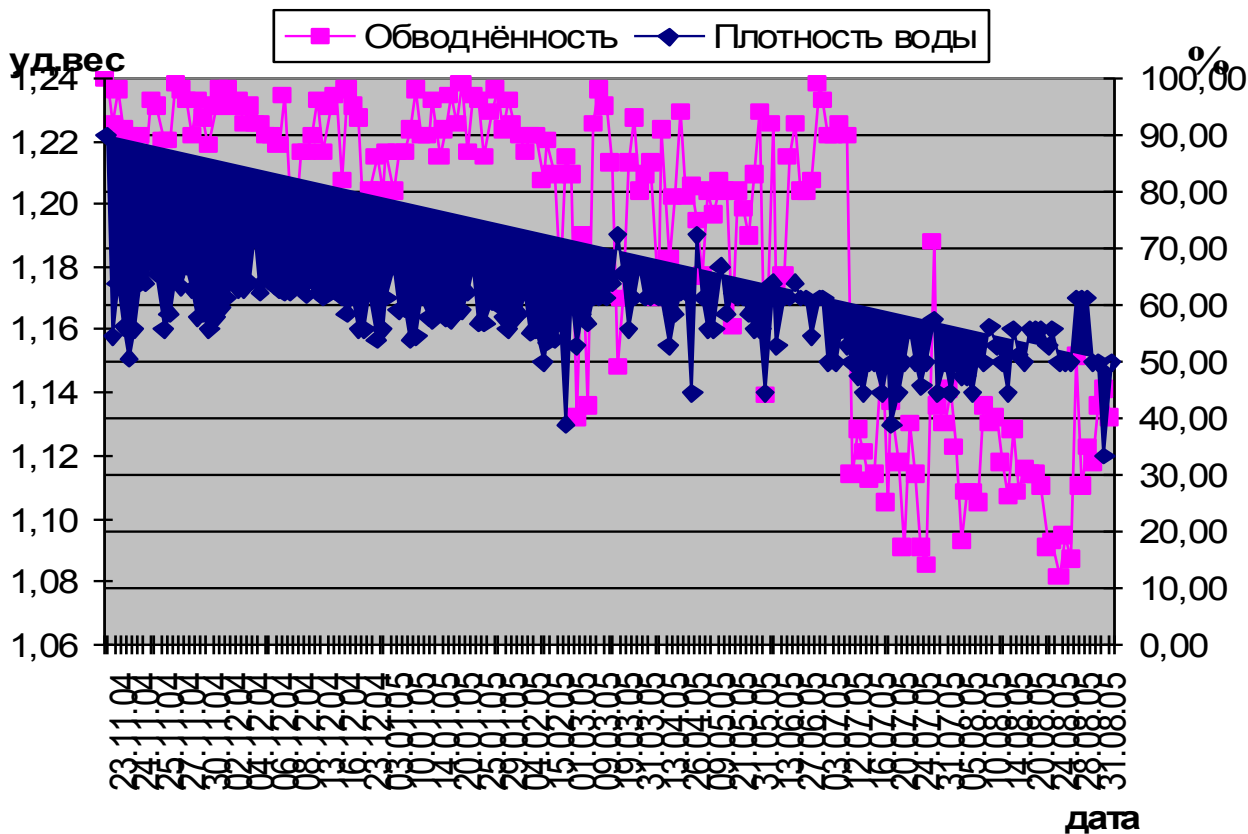


Рис.4 Изменение обводненности продукции и плотности попутно добываемой воды скв. 191 g2 Речицкого месторождения при проведении вибросейсмического воздействия.