

Научная статья

УДК 622.24

<https://doi.org/10.35266/1999-7604-2025-1-7>



Особенности планирования и проведения импульсного гидропрослушивания без остановки скважин

Елена Сергеевна Швец

Сургутский государственный университет, Сургут, Россия

Аннотация. В целях контроля за разработкой и планирования геолого-технических мероприятий, разработчикам требуется информация о строении залежей, гидродинамической связи между скважинами.

Традиционное проведение гидродинамических исследований методом гидропрослушивания заключается в регистрации созданного импульса давления в остановленных реагирующих скважинах, что приводит к снижению темпов добычи нефти. В мировой практике отсутствует опыт проведения гидропрослушивания в работающих скважинах. В статье рассмотрены основные проблемы, возникающие при проведении гидропрослушивания на работающем фонде скважин, а также приведены возможные пути решения возникающих в процессе исследования осложнений и факторов, препятствующих успешному проведению работы.

Ключевые слова: трудноизвлекаемые запасы (ТРИЗ), фильтрационно-емкостные параметры пласта (ФЕП), возмущающая и реагирующая скважины, регистрация импульса, расчет параметров пласта, пьезопроводность, гидропроводность, время отклика сигнала

Для цитирования: Швец Е. С. Особенности планирования и проведения импульсного гидропрослушивания без остановки скважин // Вестник кибернетики. 2025. Т. 24, № 1. С. 46–52. <https://doi.org/10.35266/1999-7604-2025-1-7>.

Original article

Peculiarities of planning and running pulse test without well shutdown

Elena S. Shvets

Surgut State University, Surgut, Russia

Abstract. Information on the structure of the deposit and pressure communication between wells is required to control development and plan geological and engineering operations.

Pressure transient test using the pulse-code is traditionally used to record the generated pressure pulse in shutdown observation wells, which leads to reduced rates of oil production. Pulse-code test method has not been applied in operational wells in the world practice. The article considers the main problems arising in the process of pulse-code testing on the operational well stock, as well as provides possible solutions to the potential problems occurring in the process of the study and factors that interfere with the successful conduct of the work.

Keywords: hard-to-recover reserves, reservoir porosity and permeability, active and observation wells, pulse-code recording, reservoir characteristics calculation, piezo conductivity, hydroconductivity, signal response time

For citation: Shvets E. S. Peculiarities of planning and running pulse test without well shutdown. *Proceedings in Cybernetics*. 2025;24(1):46–52. <https://doi.org/10.35266/1999-7604-2025-1-7>.

ВВЕДЕНИЕ

Нефтегазовые отрасли осваивают и разрабатывают месторождения, которые характеризуются сложным геологическим строением. Одним из методов изучения таких месторождений является гидропрослушивание. Данный метод позволяет точно оценить фильтрационные характеристики пласта, уточнить фильтрационно-емкостную модель, определяет воздействие нагнетательных скважин на добывающие. Преимущество данного метода в том, что он является единственным методом, позволяющим определить пьезопроводность пласта и гидродинамическую связь между скважиной и пластом [1].

В данной работе рассмотрены проблемы, выявленные при проведении гидропрослушивания. Ввиду участвовавших случаев невоз-

можности выявления сигнала в реагирующих скважинах от остановок и запусков влияющей скважины необходимо обратить внимание на условия его проведения на работающем фонде скважин.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Ключевым и необходимым условием качественного проведения и интерпретации исследования методом гидропрослушивания на работающем фонде скважин является последовательность действий при его планировании и подготовке. Последовательность действий и планирование проведения исследования представлены в виде алгоритма работ (рис. 1).

Планирование работ по гидропрослушиванию начинается с определения участка за-



Рис. 1. Алгоритм работ
Примечание: составлено автором.

лежи, на котором будут проводиться исследования. Для воздействия на пласт путем остановки закачки выбирается возмущающая нагнетательная скважина и несколько условно реагирующих на остановку добывающих скважин. При планировании работ обязательным условием является сбор подробной информации об объектах исследования. Качественный сбор информации в значительной степени влияет на интерпретацию исследования. Затем приступаем к моделированию процесса исследования, после чего выполняется само гидропрослушивание на исследуемом участке. После проведения исследований выполняется анализ текущей работы подземного оборудования для выявления отклонений в работе подземного оборудования, которые могут повлиять на возможность и корректность регистрации импульса в реагирующих скважинах. Если такие отклонения отсутствуют, то мы можем без каких-либо сложностей качественно обработать исследование и в конечном счете рассчитать искомые значения.

Для наглядного примера и анализа отклонений, возникающих при интерпретации гидропрослушивания, было рассмотрено одно из проведенных исследований данным методом, которое проводилось с 13.08.2017 по 20.09.2017 гг. Участок проведения работ представлен на рис. 2. Для расчета времени

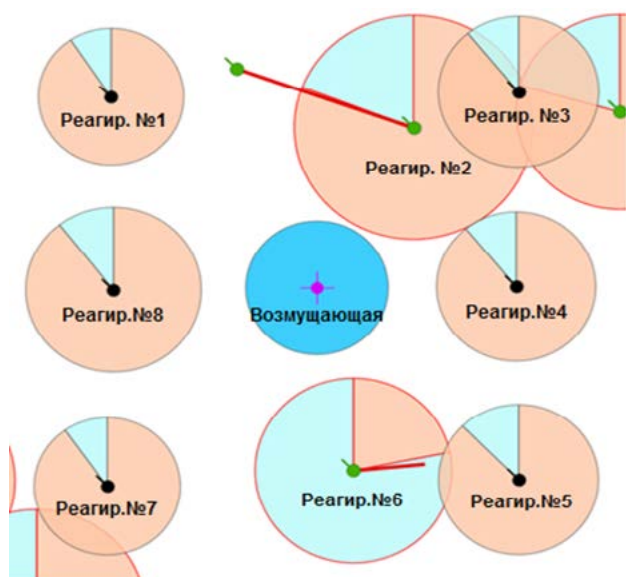


Рис. 2. Участок проведения работ
Примечание: составлено автором.

прихода импульса в реагирующую скважину от остановки и запуска возмущающей скважины, необходимо заложить в программу данные об исследуемом объекте для расчета Δt и Δp , такие как: приемистость нагнетательной скважины, проницаемость, нефтенасыщенная мощность пласта, пористость, вязкость и сжимаемость флюида, а также расстояние от возмущающей скважины до забоев реагирующих скважин.

Для того чтобы рассчитать время прихода импульса, которое применяется при расчете пьезо- и гидропроводности, нам необходимо идентифицировать то время отклика, с которого начинает изменяться давление в реагирующей скважине от остановки или запуска влияющей скважины. Когда мы найдем в реагирующей скважине время отклика (т.е. точку изменения давления от запуска влияющей скважины и точку изменения давления от остановки) то, как следствие, увидим некую амплитуду изменения давления (рис. 3), что будет являться сигналом, характеризующим рост и снижение давления и подтверждающим наличие гидродинамической связи между возмущающей и реагирующими скважинами. Методика расчета времени отклика приведена отечественными специалистами [1–6].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для определения оптимального способа выявления импульса и расчета параметров пласта было исследовано влияние диапазона вносимых параметров фильтрационно-емкостных параметров на расчетную модель (в программе Saphir Карра Engineering [7]). На рис. 4 представлен расчет времени прихода импульса и его амплитуды при максимальных значениях. Внизу на графике видны две остановки влияющей нагнетательной скважины. Реакция на изменение давления на остановки представлена на графике выше. Здесь видно, что при первой остановке нагнетательной скважины время прихода импульса составляет 70 ч при амплитуде 0,9 кгс/см², при запуске время прихода импульса составляет 27 ч, но меняется его амплитуда – 1,3 кгс/см².

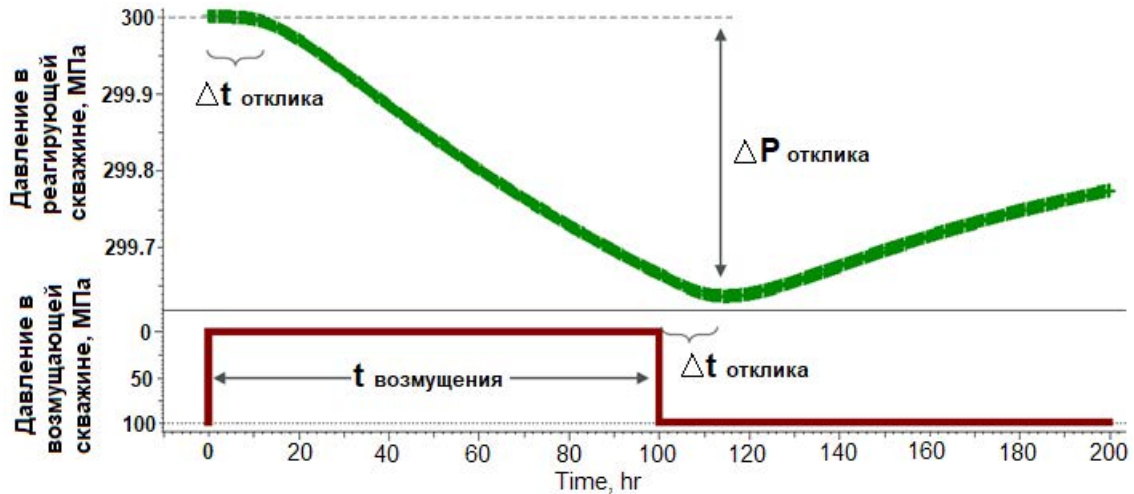


Рис. 3. Моделирование импульса сигнала

Примечание: составлено автором.

При второй остановке время прихода импульса и его амплитуда остается неизменной, но при запуске возмущающей скважины наблюдается более высокая амплитуда давления – 2,3 кгс/см².

На рис. 5 представлен расчет при внесении минимальных значений фильтрационно-ем-

костных свойств. Здесь наблюдается такое же время прихода импульса после первой остановки влияющей скважины, но величина импульса меньше в два раза, чем при внесении максимальных значений параметров пласта, при запуске меньше на 0,3 кгс/см² и составила 1 кгс/см². При повторном запуске влияю-

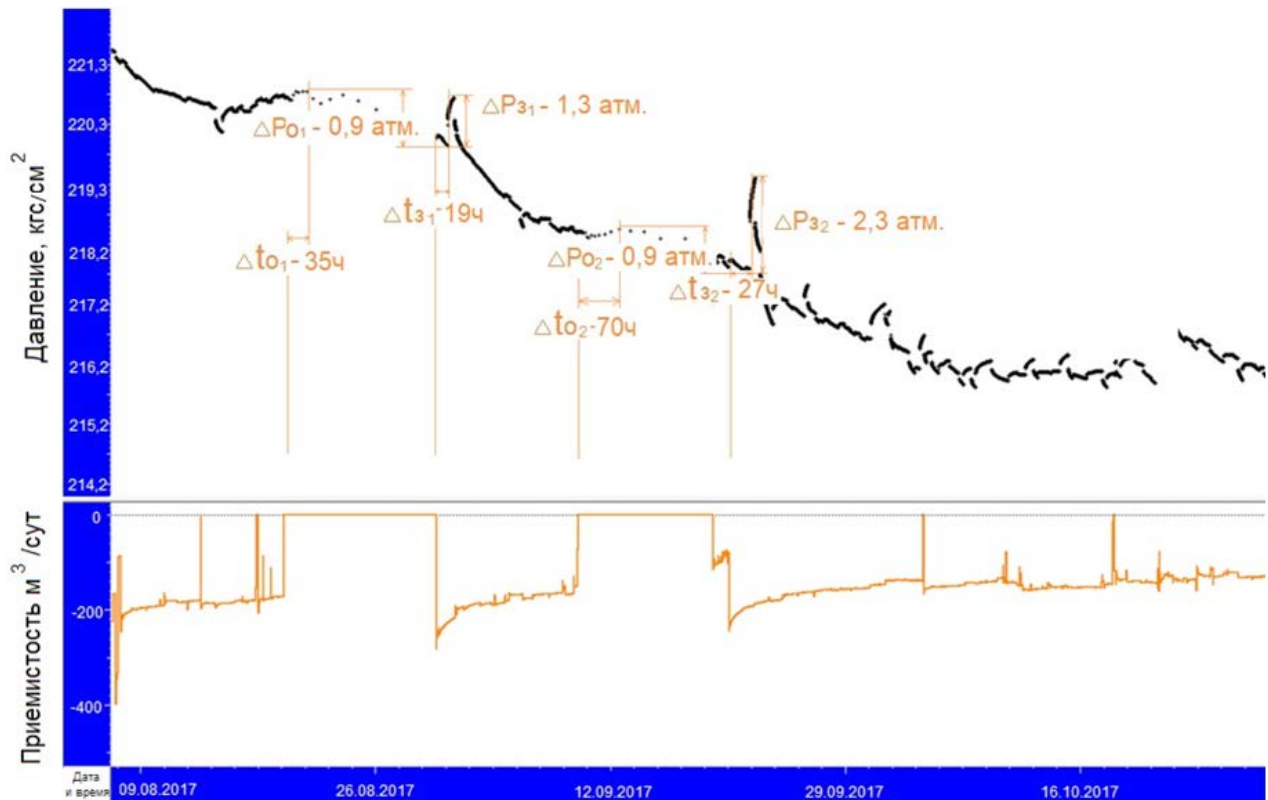


Рис. 4. Расчет времени прихода импульса и его амплитуды при использовании максимальных значений фильтрационно-емкостных свойств пласта

Примечание: составлено автором.

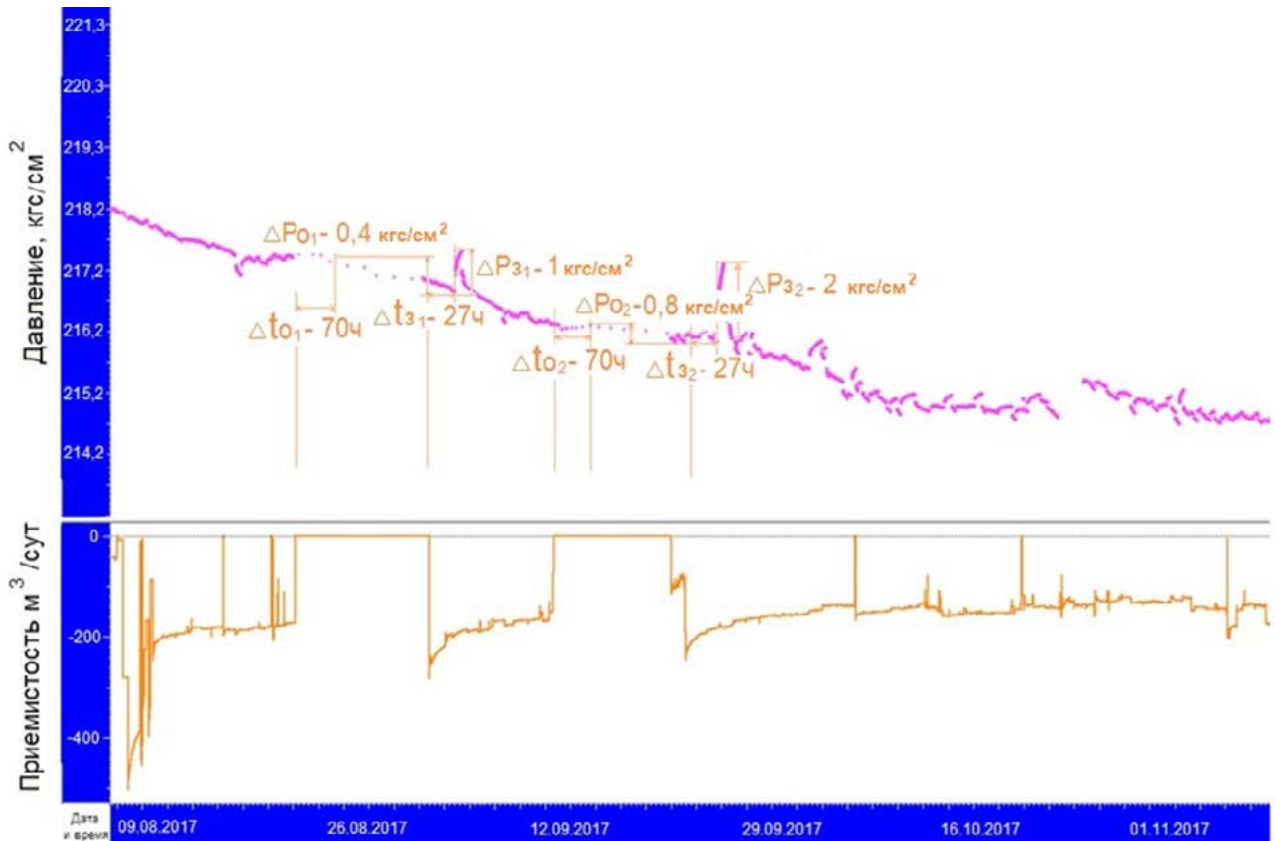


Рис. 5. Расчет времени прихода импульса и его амплитуды при использовании минимальных значений фильтрационно-емкостных свойств пласта

Примечание: составлено автором.

щей скважины время прихода импульса остается неизменным, а вот амплитуда импульса стала меньше на $0,3 \text{ кгс/см}^2$ по сравнению с произведенным расчетом изменения давления при использовании максимальных фильтрационно-емкостных параметров.

Таким образом, при расчете времени прихода импульса и его величины было выявлено, что большое влияние на расчетную величину прихода импульса имеет диапазон вносимых фильтрационно-емкостных параметров, а именно проницаемости, которая влияет на интенсивность амплитуды импульса, но не на время прихода. На основании этого вывода можно гораздо точнее прогнозировать, а, как следствие, в дальнейшем интерпретировать сигнал. Выявлен оптимальный способ определения импульса и расчета параметров пласта.

На рис. 6 представлен график фактического изменения давления в реагирующей скважине. Помехи связаны с воздействием на скважину на устье. Цифрами 1, 3, 4 отмечены оста-

новки скважины по срыву подачи, цифрами 2, 5, 6 – скачки давления от выполнения работ оператора-исследователя с устья, которые импульсом не являются, но как раз могут приходиться на время его прихода. Диагностировать импульс от запуска в работу нагнетательной скважины не представляется возможным из-за «шумов» от работы электроцентробежного насоса этой скважины. Расчетная амплитуда импульса составила $2,3 \text{ кгс/см}^2$, а помехи составляют более 2 кгс/см^2 , поэтому импульс среди зашумленности найти не предоставляется возможным. А вот при запуске после первой остановки импульс не наблюдается либо он приходится на время внешнего воздействия на скважину.

Чтобы исследовать влияние значений дебита на расчетную модель, были построены модельные кривые давления с постоянным дебитом $Q_{\text{const}} = 0 \text{ м}^3/\text{сут.}$ и с $Q_{\text{const}} = 80 \text{ м}^3/\text{сут.}$ Было выявлено, что при любом постоянном дебите импульс в реагирующей скважине

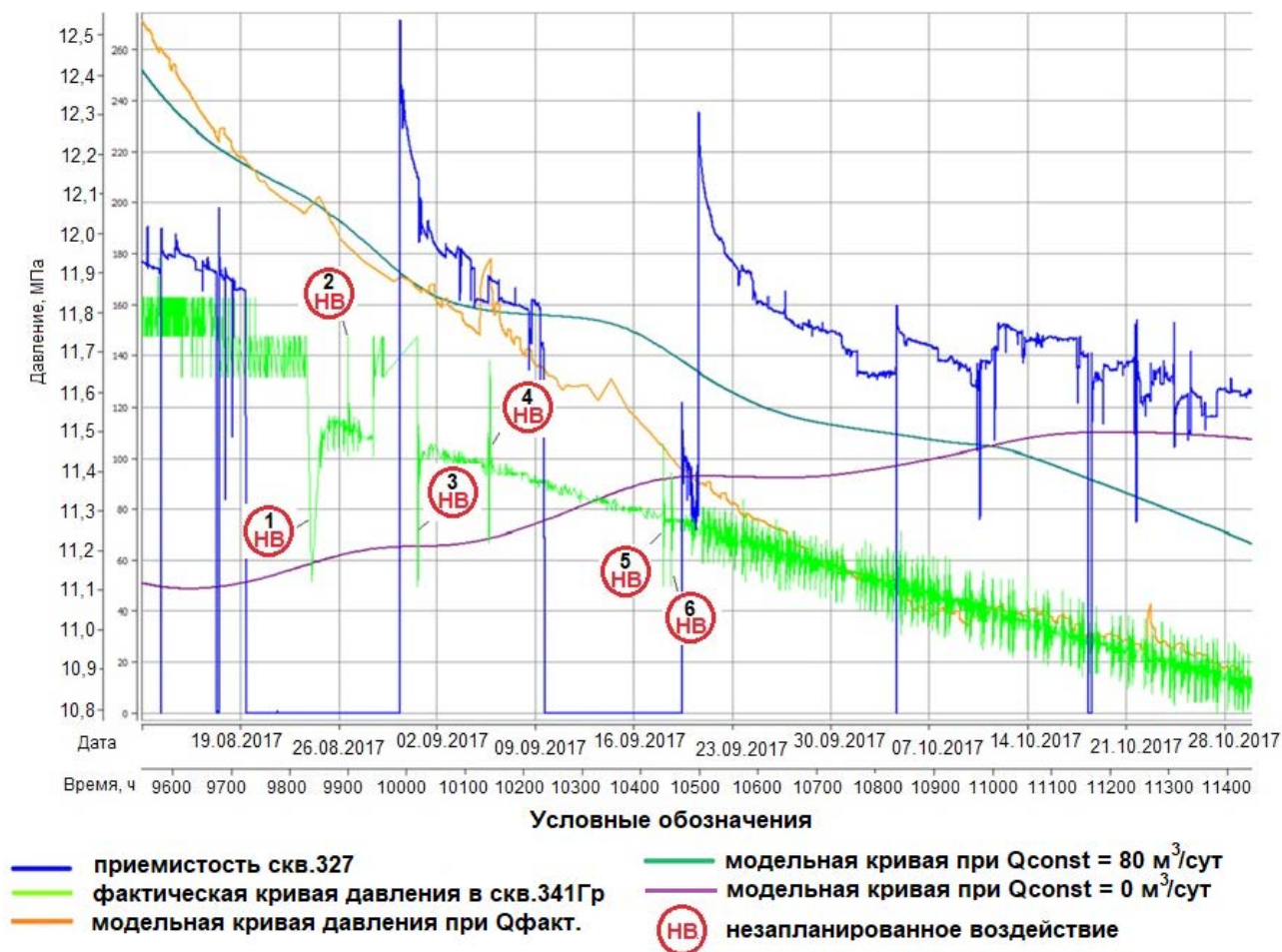


Рис. 6. График фактического давления в скважине № 2 и модельных кривых

Примечание: составлено автором.

от воздействия нагнетательной на кривых давления диагностируется. При постоянном режиме реагирующей скважины и без внешних воздействий на скважину с устья идентификация импульса не представляет сложности. Также решить проблему идентификации импульса на реагирующей скважине можно путем увеличения внутрикустовой закачки при наличии такой технологической возможности [8].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учитывая несовершенство технологии проведения гидропрослушивания на работающем фонде скважин, вероятность выявления импульса увеличивается при изменении величины воздействия на пласт и моделировании поведения кривой давления при более высоких значениях давления и фильтрационно-емкостных свойствах пласта. В целях оп-

тимизации проведения исследования методом гидропрослушивания на производстве обязательным условием при определении времени прихода импульса является стабильная работа подземного оборудования. Гидропрослушивание на работающем фонде скважин является самым доступным источником данных, поскольку затраты на получение гидродинамических параметров пласта несопоставимо малы по сравнению с проведением исследований на остановленном фонде скважин.

Оптимизация планирования и проведения гидропрослушивания на работающем фонде скважин не представляет сложности, эффективна с точки зрения экономики, а также информативности при условии отсутствия внешних воздействий на устье скважины в период проведения исследований.

Список источников

1. Курочкин В. И., Санников В. А. Теоретические основы и анализ гидродинамических исследований скважин : моногр. М. – Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2015. 372 с.
2. Овчинников М. Н., Гаврилов А. Г., Куштанова Г. Г. и др. Способ определения фильтрационных параметров призабойной зоны пласта методом высокочастотных фильтрационных волн давления : патент 2400622 Рос. Федерация № 2008132357/03 ; заявл. 05.08.2008 ; опубл. 27.09.2010. URL: https://patents.s3.yandex.net/RU2400622C2_20100927.pdf (дата обращения: 10.02.2025).
3. Костин П. И. Особенности проведения гидропрослушивания на месторождениях с использованием термоманометрических систем // Вестник науки. 2018. Т. 3, № 8. С. 64–69.
4. Эрлагер Р. (мл.) Гидродинамические методы исследования скважин. 2-е изд. испр. Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2007. 511 с.
5. Крыганов П. В., Афанаскин И. В., Вольпин С. Г. Применение мультискважинной деконволюции при решении обратной задачи подземной гидродинамики // Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений. 2019. № 3. С. 45–50.
6. Бузинов С. Н., Умрихин И. Д. Исследования нефтяных и газовых скважин и пластов. М. : Недра, 1984. 269 с.
7. Houze O., Viturat D., Fjaere O. S. Dynamic Data Analysis V 5.12. Kappa Engineering, 2017. 743 p.
8. Чернов Б. С., Базлов М. Н., Жуков А. И. Гидродинамические методы исследования скважин. М. : Гостоптехиздат, 1960. 319 с.

Информация об авторе

Е. С. Шве́ц – старший преподаватель;
elena777angel@mail.ru

References

1. Kurochkin V. I., Sannikov V. A. Teoreticheskie osnovy i analiz gidrodynamiceskikh issledovaniy skvazhin. Monograph. Moscow – Izhevsk: Institut kompyuternykh issledovaniy; 2015. 372 p. (In Russ.).
2. Ovchinnikov M. N., Gavrilov A. G., Kushtanova G. G. et al. Method for determining the filtration parameters of the bottomhole formation zone using the high-frequency filtration pressure waves method. RU Patent 2400622 No. 2008132357/03, filed August 05, 2008; issued September 27, 2010. URL: https://patents.s3.yandex.net/RU2400622C2_20100927.pdf (accessed: 10.02.2025). (In Russ.).
3. Kostin P. I. Osobennosti provedeniya gidroproslushivaniya na mestorozhdeniyakh s ispolzovaniem termomanometricheskikh sistem. *Science Bulletin*. 2018;3(8):64–69. (In Russ.).
4. Erlager R., Jr. Gidrodinamicheskie metody issledovaniya skvazhin. 2nd ed. Izhevsk: Institut kompyuternykh issledovaniy; 2007. 511 p. (In Russ.).
5. Kryganov P. V., Afanaskin I. V., Volpin S. G. Application of multi-well deconvolution in solving the inverse problem of underground hydrodynamics. *Development and Operation of Oil Fields*. 2019;(3):45–50. (In Russ.).
6. Buzinov S. N., Umrikhin I. D. Issledovaniya neftyanykh i gazovykh skvazhin i plastov. Moscow: Nedra; 1984. 269 p. (In Russ.).
7. Houze O., Viturat D., Fjaere O. S. Dynamic Data Analysis V 5.12. Kappa Engineering; 2017. 743 p.
8. Chernov B. S., Bazlov M. N., Zhukov A. I. Gidrodinamicheskie metody issledovaniya skvazhin. Moscow: Gostoptekhizdat; 1960. 319 p. (In Russ.).

About the author

E. S. Shvets – Senior Lecturer;
elena777angel@mail.ru