

# Влияние геологических параметров пластов и технологических характеристик оборудования на эксплуатацию скважин

**Е.В. Соболева**

аспирант, инженер-технолог<sup>1</sup>

[Elizaveta.Soboleva@lp.lukoil.com](mailto:Elizaveta.Soboleva@lp.lukoil.com)

**Т.И. Соболева**

к.т.н., с.н.с.<sup>2</sup>

[Tatjana.Soboleva@pnn.lukoil.com](mailto:Tatjana.Soboleva@pnn.lukoil.com)

<sup>1</sup>ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ», Пермь, Россия

<sup>2</sup>ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг»

«ПермНИПИнефть», Пермь, Россия

**В работе рассмотрены геологические и технологические факторы, от которых в значительной степени зависит работа эксплуатационных скважин. Изучено влияние забойного давления на эффективность работы добывающих скважин. Установлена взаимосвязь величины удельного электрического сопротивления нефтяного пласта со значением смачиваемости терригенных коллекторов. Кроме того, для терригенных объектов, рассматриваемых в статье месторождений, выявлена взаимосвязь между повышенными значениями удельного электрического сопротивления и ухудшением принимающей способности нагнетательных скважин.**

На основании обширного практического опыта и фундаментальных теоретических исследований можно выделить факторы, оказывающие негативное влияние на работу эксплуатационных (добывающих и нагнетательных) скважин.

К геологическим факторам, от которых зависит работа эксплуатационных скважин, относятся:

- коллекторские свойства пласта;
- тип коллектора;
- неоднородность продуктивного пласта по коллекторским свойствам и литологии;
- смачиваемость пород-коллекторов;
- наличие глинистых компонентов в пластах-коллекторах.

К технологическим факторам относятся [1]:

- некачественное первичное и вторичное вскрытие продуктивных пластов;
- образование стойких эмульсий (иногда так называемых «бронированных») в призабойной зоне;
- набухание глинистых компонентов продуктивных коллекторов в призабойной зоне пласта (ПЗП) при первичном и вторичном вскрытии пласта, освоении или капитальном ремонте скважин.

Далее следует рассмотреть факторы, которые оказывают негативное влияние на дебиты добывающих скважин.

Так, на дебит добывающих скважин большинства месторождений Пермского Прикамья существенное воздействие оказывает обводненность добываемой продукции. При высокой обводненности скважин снижается фазовая проницаемость по нефти и зачастую происходит прорыв закачиваемой воды, используемой для поддержания пластового давления, а нефть оттесняется, и на границе нефть-вода образуется эмульсия, которая затрудняет продвижение нефти к скважине.

В соответствии с уравнением Дюпюи, дебит скважины увеличивается при снижении забойного давления, на практике достаточно часто его снижают до давления ниже давления насыщения, забывая о том, что при этом изменяются не только свойства добываемой продукции, но и фильтрационные характеристики, особенно в призабойной зоне скважин, что приводит к отрицательному конечному результату.

Таким образом, забойное давление в добывающих скважинах является принципиальным регулятором эффективности их работы и одним из главных параметров разработки всего месторождения. Бесконечное снижение забойного давления в добывающих скважинах по значению существенно ниже давления насыщения может привести к необратимым последствиям, происходящим в пласте.

Во-первых, за счет опережающего прорыва газа, происходит снижение дебита нефти.

Во-вторых, наличие остаточного газа снижает фазовую проницаемость по нефти, что так же отрицательно сказывается на дебите скважины.

В-третьих, при дегазации нефти увеличивается ее вязкость, и, соответственно, ухудшается соотношение подвижностей нефть-вода, следствием чего является опережающее обводнение скважин.

В-четвертых, на дебит скважины влияют процессы, сопровождающие дегазацию, такие как эффект Жамена и образование асфальтено-парафиновых отложений (АСПО) в зоне разгазирования.

На процесс образования АСПО в основном влияют: снижение давления в призабойной зоне и связанное с этим нарушение гидродинамического равновесия газожидкостной системы, уменьшение температуры в пласте и стволе скважины, изменение скорости движения газожидкостной смеси и отдельных ее компонентов, состава углеводородов в каждой фазе смеси и соотношение объемов их фаз [2].

Определение рационального забойного давления  $P_{\text{заб.рац.}}$  является сложной технико-экономической задачей, которая должна решаться для конкретного месторождения в процессе гидродинамических исследований скважин.

В условиях упруго-водонапорного режима дренирования девонских нефтяных месторождений Урало-Поволжья, как это следует из работ В.Ф. Усенко, допускается снижение забойного давления в добывающих скважинах в сравнении с давлением насыщения до величины  $P_{\text{заб.кр.}} = 0,75 \cdot P_{\text{нас}}$  [3].

На снижение приемистости нагнетательных скважин оказывает влияние загрязнение призабойной зоны пласта (ПЗП) следующими компонентами:

- механическими примесями, содержащимися в закачиваемой воде;
- остаточными нефтепродуктами, находящимися в воде после очистки на установке предварительного сброса воды (УПСВ) в случае использования подтоварной воды в системе поддержания пластового давления (ППД);
- продуктами коррозии водоводов (оксиды и гидроксиды, сульфатные соединения железа) и сульфатовосстанавливающими бактериями, образующимися в ПЗП.

Кроме того, на приемистость нагнетательных скважин в терригенных коллекторах существенное влияние оказывают геолого-геофизические характеристики продуктивных пластов. Выявление данной зависимости позволит оптимизировать технологическое проектирование разработки как разрабатываемых, так и новых перспективных залежей.

В результате анализа научной литературы, посвященной данному вопросу, а также

**Показано, что правильно подобранное эксплуатационное оборудование на добывающих скважинах позволяет получать оптимальные дебиты.**

**Предложено своевременно, до принятия ответственных проектных решений, при разработке месторождений использовать информацию о величинах удельного электрического сопротивления для определения зон развития преимущественно гидрофобных коллекторов.**

#### Материалы и методы

Выполнен сбор и обработка данных бокового каротажа (БК) по 634 скважинам четырех месторождений Верхнего Прикамья, которые выгружались из информационной системы «BaseGis» с формированием определенных форматов, пригодных для загрузки в программный комплекс IRAP RMS компании ROXAR, который использовался для построения трехмерного массива распределения УЭС.

#### Ключевые слова

продуктивный пласт, призабойная зона пласта, добывающая и нагнетательная скважина, забойное давление, смачиваемость породы, гидрофобный коллектор, удельное электрическое сопротивление, керн, приемистость скважины

лабораторных исследований керна из скважин месторождений Верхнего Прикамья, установлена взаимосвязь величины удельного электрического сопротивления (УЭС) нефтяного пласта со значением смачиваемости терригенных коллекторов [4]. Обнаружено, что гидрофильные коллекторы соответствуют сопротивлениям не более 110 Ом-м, коллекторы с промежуточными характеристиками смачиваемости преобладают в интервале значений 120-200 Ом-м. При УЭС более 200 Ом-м преобладают преимущественно гидрофобные коллекторы (смачиваемость менее 10%). Таким образом, для территории исследования терригенные коллекторы можно рассматривать как гидрофобные при значениях УЭС более 200 Ом-м. В работе [5] также отмечены повышенные показания битуминозности керна в интервалах высоких показаний УЭС.

Согласно данным лабораторных исследований керна среднезернистых песчаников месторождений Соликамской депрессии, наличие в породе битуминозного цемента (вместо глинистого) приводит к гидрофобизации поверхности коллектора и увеличению толщины не участвующего в фильтрации слоя связанной нефти в 3–5 раз [6]. Аналогичные примеры влияния характеристик смачиваемости на степень вытеснения нефти закачиваемой водой, когда смачиваемость породы нефтяного коллектора может быть

не оптимальной при применении заводнения рассмотрены в работе [7].

Анализ влияния УЭС на приемистость нагнетательных скважин визейских пластов проведен для двух активно разрабатываемых месторождений Соликамской депрессии. Согласно рекомендациям по эффективной разработке залежи, оптимальная компенсация отборов жидкости закачкой (К) должна составлять порядка 100–120%. Между тем анализ разработки терригенного пласта одного из поднятий месторождения показывает, что за историю разработки не удалось достигнуть указанной величины.

Аналогичный анализ проведен для скважин терригенного пласта второго месторождения. Для западного борта данного месторождения реализована приконтурная система заводнения, путем закачки воды из законтурной области, характеризующейся хорошей принимающей способностью. Однако с 2009 г. для юго-западной части залежи, где нет законтурных скважин, отмечено резкое снижение  $P_{пл}$ . Причем наиболее низкие пластовые давления 9,9–14,4 МПа зарегистрированы в скважинах, расположенных в юго-западной части залежи, где как раз установлена зона аномально высоких значений УЭС. При закачке жидкости в центральной гидрофобной части залежи, где отмечены повышенные значения УЭС, также выявлены серьезные проблемы (рис. 1 и таб. 1).

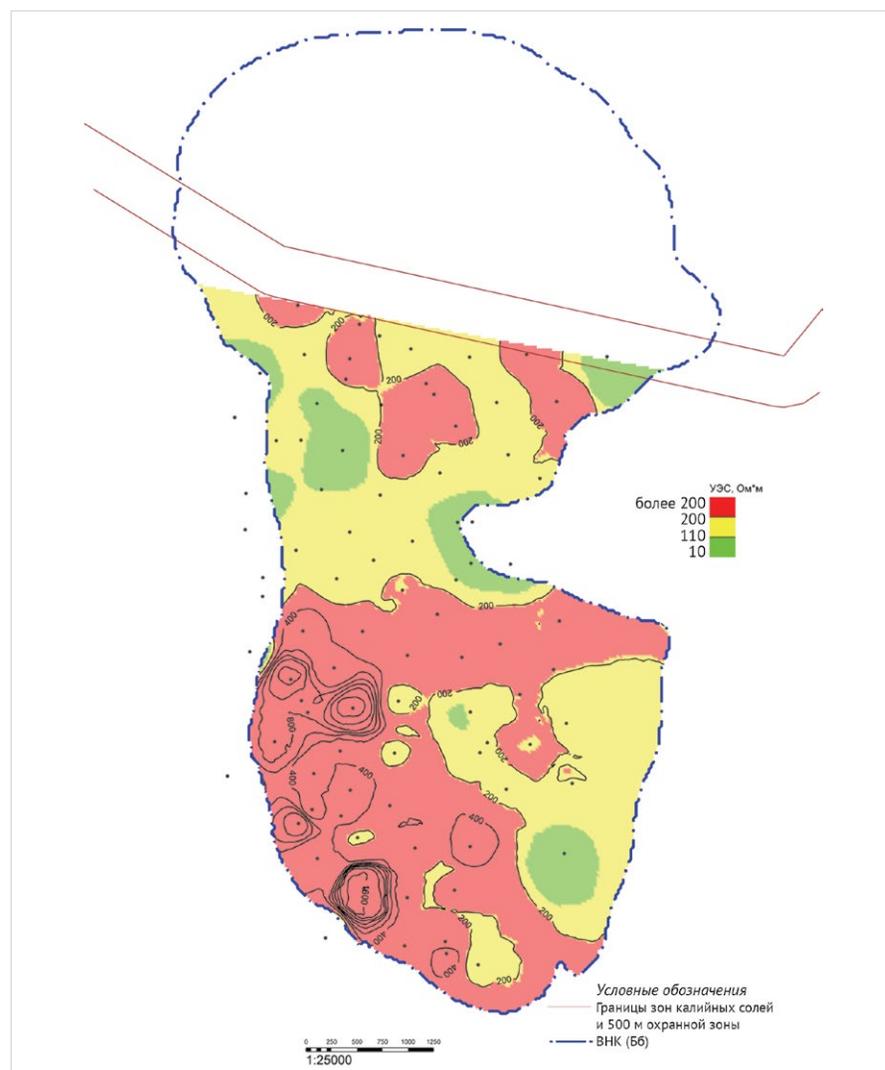


Рис. 1 — Карта распределения УЭС для терригенного объекта одного из месторождений Соликамской депрессии

## АВТОНОМНАЯ МОБИЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ЯВЛЯЕТСЯ КОМПЛЕКСНЫМ, НАДЕЖНЫМ, ГИБРИДНЫМ ГЕНЕРАТОРОМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

- Электричество вырабатывается за счет энергии солнца, ветра, дизель-генератора
- Модельный ряд от 3 кВт до 30 кВт.

### Мобильное исполнение



### Стационарное исполнение



### Установки применяются:

- В качестве источников бесперебойного питания на отраслевых объектах;
- В чрезвычайной ситуации природного, техногенного и др. характера;
- В дорожно-строительном секторе;
- В сельскохозяйственном секторе;
- В туристическом и др. секторах промышленности.

ООО Завод «Калининградгазавтоматика»  
 236000, РФ, г. Калининград, Гвардейский пр., д. 15  
 Тел: (4012) 576-032. Факс: 576-024  
 Отдел продаж: 576-033, 576-028, 576-125  
 zavod@kga.ru  
 www.kga.ru

Уполномоченный представитель по реализации  
 продукции ООО «Инвестгазавтоматика»  
 119435, г. Москва, Саввинская наб., 25  
 Тел: (495) 933-62-30. Факс: 933-62-32  
 info@invest-gaz.ru  
 www.invest-gaz.ru

ПАО «Газпром автоматизация»  
 119435, г. Москва, Саввинская наб., 25  
 www.gazprom-auto.ru



№ скв.	Приемистость после ГТМ (начальная), м <sup>3</sup> /сут	Текущая приемистость, м <sup>3</sup> /сут	Снижение приемистости, м <sup>3</sup> /сут за первый месяц после ГТМ	УЭС, Ом-м
528	360	158	160	10
332	нет ГТМ	95	-	687
301	нет ГТМ	30	-	110
320	150	115	0	910
310	120	60	60	1500
581	нет ГТМ	90	-	550
362	300	70	30	30
574	нет ГТМ	65	-	20
364	130	70	50	10

Таб. 1 — Данные по приемистости нагнетательных скважин для терригенного объекта месторождения Соликамской депрессии

Таким образом, для терригенных объектов данных месторождений установлена взаимосвязь между повышенными значениями УЭС и ухудшением принимающей способности нагнетательных скважин. В целом для зон с преимущественно гидрофобным типом коллектора отмечены сложности в реализации проектных решений по обеспечению компенсации отборов жидкости стандартными методами.

На основе анализа установленных проблем в обеспечении приемлемой производительности нагнетательных скважин необходимо пояснить следующее. При проведении ГТМ в зонах с гидрофобным типом коллектора, как правило, отмечается кратковременный эффект увеличения приемистости. По мнению авторов, более перспективным для таких зон может являться использование методов, направленных на изменение смачиваемости породы, используя технологии по закачке специальных химических составов.

При этом для территории месторождений Верхнего Прикамья целесообразно своевременно до принятия ответственных проектных решений использовать информацию о величинах УЭС для определения зон развития преимущественно гидрофобных коллекторов.

Следует отметить, что кроме естественных (природных) геологических характеристик пластов, на эксплуатацию добывающих и нагнетательных скважин существенное влияние оказывает подбор эксплуатационного оборудования. Данные вопросы касательно нагнетательных скважин подробно освещены в работе автора [8], где показано, что модернизация системы ППД требует существенных материальных затрат, но конечная цель — это повышение коэффициента нефтеизвлечения.

### Итоги

Авторами изучено и практически доказано определяющее влияние геологических параметров пластов и технологических характеристик оборудования, на эксплуатацию добывающих и нагнетательных скважин. Расчеты, проведенные на гидродинамической модели, показали прирост добычи нефти за счет проведения запланированных мероприятий на нагнетательном фонде скважин и 100 %-ной компенсации отборов жидкости закачкой.

### Выводы

Полученные результаты позволяют во многом оптимизировать технологическое

проектирование разработки как разрабатываемых, так и новых перспективных залежей. Полученные от проведенных исследований выводы о взаимосвязи различных характеристик рекомендуются к использованию при разработке месторождений не только Верхнего Прикамья, но и других месторождений Пермского Прикамья.

### Список литературы

1. Кудинов В.И., Сучков Б.М. Методы повышения производительности скважин. Самара: Кн. издательство, 1996. 414 с.
2. Соболева Е.В. Анализ условий образования и методы борьбы с АСПО в скважинах при добыче нефти на месторождениях Верхнего Прикамья. Пермь, 2012. 205 с.
3. Мищенко И.Т. Скважинная добыча нефти: Учебное пособие для вузов. М: Нефть и газ РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2003. 816 с.
4. Соболева Е.В. Ефимов А.А., Галкин С.В. Анализ геолого-геофизических характеристик терригенных коллекторов при прогнозе приемистости нагнетательных скважин месторождений Соликамской депрессии // Нефтяное хозяйство. 2014. № 6. С. 20–22.
5. Некрасов А.С., Галкин С.В. Методика определения нефтенасыщенности пластов с аномально высоким удельным сопротивлением в отложениях яснополянского надгоризонта Сибирского месторождения. Материалы региональной науч. конф. «Геология Западного Урала на пороге XXI века». Пермь, 1999. С. 233–235.
6. Эбзоева О.Р., Злобин А.А. Анализ свойств граничных слоев нефти после заводнения пластов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2012. № 2. С. 87–94.
7. Аустад Т. Интеллектуальное заводнение в карбонатных и терригенных коллекторах, потенциал повышения нефтеотдачи с точки зрения новых химических технологий. Материалы лекции. Норвегия, 2013.
8. Соболева Е.В. Анализ технологических возможностей системы поддержания пластового давления и предложения по ее модернизации. Тезисы доклада НТК ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ». Пермь, 2015. С. 15–17.

## Influence of geological reservoir characteristics and technical performance of the equipment on wells

### Authors:

**Yelizaveta V. Soboleva** — graduate, process engineer<sup>1</sup>; [Elizaveta.Soboleva@lp.lukoil.com](mailto:Elizaveta.Soboleva@lp.lukoil.com)

**Tatyana I. Soboleva** — Ph.D., senior researcher<sup>2</sup>; [Tatjana.Soboleva@pnn.lukoil.com](mailto:Tatjana.Soboleva@pnn.lukoil.com)

<sup>1</sup>LLC "LUKOIL-PERM", Perm, Russian Federation

<sup>2</sup>"PermNIPneft" LLC "LUKOIL-Engineering", Perm, Russian Federation

### Abstract

In this work considered geological and technological factors that substantially affect on the operational wells work.

So, the bottomhole pressure influence on operating efficiency of production wells was studied.

The correlation between electric resistances of oil layer and value of wettability of terrigenous collectors was established. In addition, for terrigenous objects, for the fields considered in article, the interrelation between the increased values of electric resistance and deterioration in the accepting ability of delivery wells is revealed.

The study shown that correctly picked up operational equipment on production wells allows to receive optimum outputs.

In article offered use the information about electric resistance value for determination of hydrophobic collectors' development zones before making decision of development of fields.

### Materials and methods

For study was executed gathering and data processing of the lateral logging on 634 wells of Upper Prikamye fields, were unloaded from the information system "BaseGis" with formation of appointed formats, suitable for loading to program complex IRAP RMS of ROXAR company, which was used for creation of the three-dimensional array of electric resistance distribution.

### Results

Authors have studied and proved in practice the defining influence of geological parameters of the layers and technical characteristics on the equipment, on operation of producing oil wells and injection wells. Calculations performed on the simulation model, showed increase in oil production due to planned activities on the discharge well

stock and 100% liquid injection compensation selections.

### Conclusions

The received results allow to optimize technological design of new perspective deposits and developed pool.

Obtained conclusions about the correlation of various characteristics are recommended for use in production not only the Upper Kama region, but also in other fields of the Perm Prikamye.

### Keywords

reservoir, critical area of formation, producing oil well and injection well, bottomhole pressure, rock wettability, water-repellent reservoir, resistivity, core, intake capacity of well

### References

- Kudinov V.I., Suchkov B.M. *Metody povysheniya proizvoditel'nosti skvazhin* [Increase productivity methods of wells]. Samara: Kn. izdatel'stvo, 1996, 414 p.
- Soboleva E.V. *Analiz usloviy obrazovaniya i metody bor'by s ASPO v skvazhinakh pri dobyche nefti na mestorozhdeniyakh Verkhnego Prikam'ya* [The analysis of conditions and methods of fight against asphaltene deposits in wells at oil production on fields of Upper Prikamye]. Perm, 2012, 205 p.
- Mishchenko I.T. *Skvazhinnaya dobycha nefti: Uchebnoe posobie dlya vuzov* [Borehole oil extraction: The education guidance for higher education institutions]. Moscow: Gubkin Russian State University of Oil and Gas, 2003, 816 p.
- Soboleva E.V. Efimov A.A., Galkin S.V. *Analiz geologo-geofizicheskikh kharakteristik terrigennykh kollektorov pri prognoze priemistosti nagnetatel'nykh skvazhin mestorozhdeniy Solikamskoy depressii* [The analysis of geological and geophysical characteristics of terrigenous reservoirs at the forecast injectability of wells of Solikamskaya depression]. Oil industry, 2014, issue 6, pp. 20–22.
- Nekrasov A.S., Galkin S.V. *Metodika opredeleniya neftenasyschennosti plastov s anomal'no vysokim udel'nym soprotivleniem v otlozheniyakh yasnopol'yanskogo nadgorizonta Sibirskogo mestorozhdeniya* [Determination technique of oil saturation of layers with abnormally high specific resistance in yasnopol'yanskiy subhorizon deposits of Sibirskoye field]. Materials of regional scientific conference "Geology of the Western Urals threshold the 21st century", Perm, 1999, pp. 233–235.
- Ebzoeva O.R., Zlobin A.A. *Analiz svoystv granichnykh sloev nefti posle zavodneniya plastov* [The analysis of properties of oil boundary layers after flooding]. Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Geology. Oil & Gas Engineering & Mining, 2012, issue 2, pp. 87–94.
- Austad T. *Intellektual'noe zavodnenie v karbonatnykh i terrigennykh kollektorakh, potentsial povysheniya nefteotdachi s tochki zreniya novykh khimicheskikh tekhnologiy* [Intellectual flooding in carbonate and terrigenous reservoirs, the growth potential in oil recovery in terms of new chemical technologies]. Materials of the lecture, Norway, 2013.
- Soboleva E.V. *Analiz tekhnologicheskikh vozmozhnostey sistemy podderzhaniya plastovogo davleniya i predlozheniya po ee modernizatsii* [Analysis of technological capabilities of reservoir pressure maintenance system and modernization offers]. Thesis of the report of NTK LLC LUKOIL-PERM, Perm, 2015, pp. 15–17.