

Обобщение опыта выбора потенциальных скважин-кандидатов и технологий для проведения ремонтно-изоляционных работ

Best Practice for Selecting Potential Candidate Wells and Methods for Repair and Insulation Works (RIW)

Габдулов Р.Р. (ООО «РН-Юганскнефтегаз»),
Никишов В.И. (ОАО «НК «Роснефть»),
Сливка П.И. (ООО «РН-УфаниПИнефть»)

Gabdulov, R.R. (RN-Yuganskneftegas, LLC),
Nikishov, V.I. (NK-Rosneft, OJSC),
Slivka, P.I. (PN-UfaNIPIneft, LLC)



Введение

Среди геолого-технических мероприятий (ГТМ), осуществляемых в процессе эксплуатации месторождений, находящихся на поздних стадиях разработки, основную часть составляют ремонтно-изоляционные работы (РИР) в добывающих и нагнетательных скважинах и работы по освоению, поддержанию и увеличению приемистости нагнетательных скважин. Это обосновывает

Introduction

Among the Geological and Technical Works (GTW) carried out in the process of oilfield operation at their latest stages of development, the main part of these operations comprises Repair-and-Insulation Works (RIW) on production and injection wells for the development, maintenance and improvement of well-injection capacity. The aforementioned details establish the feasibility for development of a logical design for the selection of candidate-wells for RIW. Most

целесообразность разработки алгоритмов подбора скважин-кандидатов для РИР. Большинство отдельных ГТМ проводится в небольших объемах, некоторые из них осуществляются в условиях разработки конкретных месторождений, эпизодически.

Планирование объемов ГТМ прежде всего должно исходить из их назначения – обеспечение запланированных уровней выработки запасов нефти из продуктивных пластов, выполнение заданий по добыче нефти, а также решение вопросов охраны недр и окружающей среды.

Многие нефтяные месторождения, находящиеся на поздних стадиях разработки, характеризуются значительной текущей выработкой запасов, высокой обводненностью продукции и большим числом неработающих скважин. Эффективное проведение капитального ремонта скважин (КРС) в этих условиях позволяет значительно снизить темпы естественного падения добычи нефти месторождений и получить значительную прибыль. Особое место в КРС занимают РИР.

В прошлом РИР сводились к установке цементных мостов либо закачке полимеров. Главной причиной последовательных неудач в попытках борьбы с водопритоками являлось недостаточное понимание возникающих проблем и, как следствие, принятие неправильных решений. Успешность РИР во многом определяется (рис. 1):

- 1 правильным выбором скважин для проведения РИР и качеством проводимых геолого-геофизических исследований скважин;
- 2 правильным выбором технологии РИР;
- 3 правильным выбором соответствующего изоляционного материала.

Исключение или недооценивание значения одного из этих факторов снижает успешность всего мероприятия по планированию РИР.

В данной статье авторы постарались обобщить эти показатели

of the individual GTW are carried out in small volumes, some of them rarely performed in the conditions of the development of certain oilfields.

Planning the scope of the GTW to be carried out must be based firstly on their purpose – ensuring planned oil production levels are achieved from productive strata and planned targets for oil recovery, and must also resolve health, safety and environmental protection problems.

Many oilfields, in their late stages of development, are characterised by a significant current recovery of reserves, a high degree of water cut from well production and a significant number of non-working wells. Efficient Well Work-Over (WWO) in such conditions allows a significant decrease in the natural decline of oilfield production and results in high profits. RIW are a special major part of WWO.

Until now, RIW were limited to the installation of cement plugs or polymer injection. The main reason for the successive failures in the solution of water inflow problems was the insufficient understanding of the problems, leading to the wrong solutions.

The success of RIW largely depends upon the following (Pic 1):

- » The correct selection of wells for RIW and the quality of Geological-Geophysical Methods of Studying Wells (GSW);
- » The selection of RIW technology;
- » The selection of appropriate insulation materials.

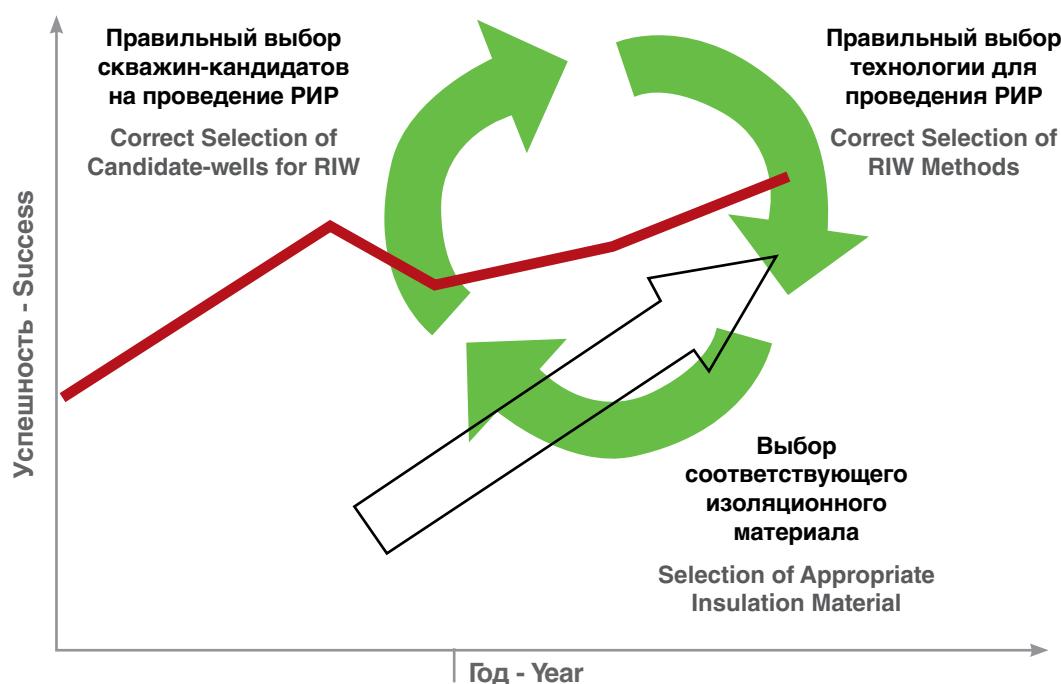


Рис.1 Факторы, определяющие успешность РИР

Pic.1 Factors identifying RIW Success

успешности, с учетом которых планируются все РИР. Даже отрицательный результат при решении многофакторных задач является результатом, требующим анализа, доработки, эксперимента.

Анализ геологической и технологической успешности РИР

Планирование РИР включает:

- определение интервалов негерметичности обсадных колонн или цементного камня;
 - обоснование подбора скважин-кандидатов для проведения РИР с использованием различных методов, которые в большей части основаны на установлении причин обводнения:
 - » определение несоответствия дебита нефти и содержания воды в продукции скважины (степень ее обводнения);
 - » оценка несоответствия продуктивности характеру насыщенности эксплуатируемого пласта и др.;
 - проведение технико-экономического обоснования РИР;
 - выполнение серии прямых геолого-геофизических исследований по выбранным скважинам с целью определения:
 - » профиля и состава притока жидкости из пласта в нефонтанирующих скважинах;
 - » интервалов перетока воды и др.;
 - непосредственно само проведение РИР (изоляция отдельных заводненных пластов/прослоев, ликвидация перетоков воды за колонной и негерметичности обсадных колонн с применением современных технологий и оборудования, а также качественных тампонажных материалов: цементных растворов со специальными химическими добавками, смол и других изолирующих композиций);
 - щадящую реперфорацию нефтенасыщенных интервалов и пластов после проведения РИР;
 - проведение комплекса геофизических и гидродинамических исследований после выполнения работ, позволяющего получить сведения о качестве проведенных РИР, интенсивности работы интервалов пластов, составе притока, продуктивности скважины и фильтрационных характеристиках пластов;
 - избирательную глубокопроникающую реперфорацию низкопродуктивных или неработающих интервалов, применение других методов воздействия на призабойную зону пласта. Для выявления факторов, негативно влияющих на текущее состояние разработки, необходимо провести анализ выполненных РИР.
- В данной работе предлагается провести оценку РИР по двум ключевым показателям, которые позволяют оценить правильность выбора скважины-кандидата для проведения РИР и эффективность применяемой технологии: достижение расчетного прироста (геологическая успешность) и успешность выполнения РИР (технологическая успешность).

The omission or underestimation of even one link in the chain of these procedures reduces the value and success of the whole RIW planning process.

In this article, the authors have tried to sum up these efficiency criteria on the basis of how all RIW are planned. Even negative results are still results for the solution of multi-factor tasks, requiring analysis, experiments and follow-up.

Analysis of the geological and technological efficiency of RIW

RIW planning includes:

- identification of casing leak intervals or cement bond
- establishing the selection of candidate-wells for RIW with the application of various methods, mostly based on the identification of the reasons for flooding:
- » the identification of imbalance between the oil production rate and the water ratio in well products (degree of flooding);
- » the evaluation of imbalance between productivity and the character of formation saturation of the formation under operation, etc;
- » the RIW feasibility study;
- » the performance of the series of direct geological-geophysical studies on selected wells with the aim of identifying:
 - » the profile and composition of liquid influx from the formation of non-flowing wells;
 - » the water cross-flow intervals, etc
- » RIW procedures (the insulation of separate flooded formations/sub-layers, the elimination of water cross-flows behind the casing and casing leaks with the application of modern technologies and equipment, the use of qualitative backfill materials: good quality cement slurry with special chemical additives, resins and other insulation compounds);
- » the sparing re-perforation of oil-saturated intervals and formations after RIW;
- » geophysical and geodynamical studies on completion of the works, which provide information on the quality of the RIW performed, formation intervals work efficiency, the composition of influx, well productivity and formation filtration properties;
- » the selective deeply penetrating re-perforation of low productivity and non-working intervals and the application of other impact methods on the bottom-hole formation zone.

In order to identify the reasons which have a negative impact on the current development, it is necessary to analyse the completed RIW. For this work, it is proposed to perform the evaluation of ROW on the basis of two-key criteria, which make it possible to assess the accuracy of the candidate-well selection and the effectiveness of the technologies applied:

Центральный выставочный комплекс «Экспоцентр»,
Москва, Россия



13-я международная выставка
НЕФТЕГАЗ
21–25 июня 2010

Оборудование и технологии
для нефтегазового комплекса

www.neftegaz-expo.ru

Организаторы: ЗАО «Экспоцентр» (Россия)
Мессе Дюссельдорф ГмбХ (Германия)




1-я международная конференция
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ
И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
ЧЕРЕЗ ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ
ЭНЕРКОН **22–23 июня 2010**

Генеральный
информационный
партнер:

ТЕРРИТОРИЯ
НЕФТЕГАЗ

Стратегический
информационный
партнер:

АКАДЕМИЧЕСКИЙ ХОДОЛОН • ПОДДЕРЖКА С 1990 ГОДА
НЕФТЕКАПИТАЛ

Геологическая успешность

$$G_{yc} = \frac{\Delta q_{h, факт}}{\Delta q_{h, расчет}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где $\Delta q_{h, факт}$ - фактический прирост нефти, полученный после вывода скважины на режим, т/сут;
 $\Delta q_{h, расчет}$ - расчетный прирост по нефти, т/сут;
* - в расчет участвуют скважины, которые были сданы в режим

• процент успешности выполнения РИР (технологическая успешность)

$$T_{yc} = \frac{N_{общ} - (N_{неэф} + N_x)}{N_{общ} - N_x} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где $N_{общ}$ - количество выполненных РИР, скв.-операций;
 $N_{неэф}$ - количество неуспешных/некачественных РИР, скв.-операций;
 N_x - скв., находящиеся под станком/на выводе

Геологическая успешность определяется условным порогом геологической эффективности (достижением расчетного прироста дебита), обусловленным достоверностью геофизических данных и субъективными факторами (правильностью расчетов ожидаемых параметров: геологического потенциала, обводненности и др.). Ключевым здесь является слово «ожидаемых», так как оно отражает степень неопределенности в оценке. Ниже этой границы расчет ожидаемых показателей оценивается как некорректный.

Оценка технологической успешности проводимых РИР сопряжена с рядом трудностей, связанных с многообразием и сложностью явлений, возникающих как в результате РИР, так и вызванных причинами, не связанными с ними, например обводнение пластовой водой скважин, расположенных в чисто нефтяных зонах, при отсутствии в разрезе водоносных пластов или наличии в разрезе водоносных пластов, насыщенных водой, отличаемой от воды эксплуатируемого пласта. Технологическая успешность РИР подтверждается как геофизическими исследованиями после проведения РИР, так и параметрами работы скважины при выводе на режим. Например, при обводнении пластовой водой скважин, расположенных в чисто нефтяных зонах, при отсутствии в разрезе водоносных пластов или при наличии в разрезе водоносных пластов и отличии добываемой воды от пластовой воды эксплуатируемого

» the achievement of design growth (geological success) and the efficiency/success of RIW (technological efficiency);

Geological Success

$$G_{yc}^* = \frac{\Delta Q_{h, Actual}}{\Delta Q_{h, Design}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

where $\Delta Q_{h, Actual}$ - actual oil production growth, recovered after bringing the well into stable operation, t/day;
 $\Delta Q_{h, Design}$ - Design growth for oil production, t/d;
* - with the allowance for the wells brought into stable operation

Technological Success

$$T_{yc} = \frac{N_{общ} - (N_{неэф} + N_x)}{N_{общ} - N_x} \cdot 100\%, \quad (2)$$

where $N_{общ}$ - number of executed RIWs, well operations;
 $N_{неэф}$ - number of unsuccessful/poor RIWs, well operations;
 N_x - wells, under stable operation

Geological success is determined by a relative limit of geological efficiency (the achievement of design growth), depending on the reliability of the geophysical data and subjective factors (the correct calculation of expected parameters: geological potential, watering level, etc). The key word here is "expected" because it reflects the degree of uncertainty in the evaluation. A calculation of expected parameters lower than this boundary is assessed as incorrect.

The evaluation of the technological success of performed RIW is connected with a number of problems, identified by the exclusive diversity and complexity of inter-conditioned events resulting from RIW and events not connected with RIW, such as oilfield water flooding of wells located in pure oil zones, while there are no water-bearing formations in the section, or if there are water-bearing formations in the section and the water produced is different from the formation water. The technological success of RIW will be confirmed by geophysical studies on completion of the RIW and by well operation indicators when the well is brought into stable operation.

Based on the number of RIWs performed, it is possible to assess the significance of RIW and the problems that occur. A low RIW efficiency figure (G_{yc} , T_{yc}) implies that it will be necessary to reconsider the accuracy of the selection of the candidate-wells and of the technology and composition of the insulation materials, etc.

The GTW may be considered successful provided that the operation mode of the well, when brought into stable

пласта. Технологическая успешность РИР подтверждается как геофизическими исследованиями после проведения РИР, так и параметрами работы скважины при выводе на режим.

По числу выполненных РИР можно уже судить о их значимости и проблемах, возникающих при ремонтах. Низкая геологическая и технологическая успешность свидетельствует о неправильном выборе скважин-кандидатов, технологии, состава изоляционных материалов и т.д.

ГТМ можно признать успешным, если режим работы скважины после его проведения будет рентабельным, расходы на выполнение ГТМ будут окупаться в течение межремонтного периода работы скважины.

Как показывает практика ремонтных работ, часть ремонтов заканчивается неудачно (ремонтные работы не завершены, не достигаются прогнозируемые технологические режимы работы скважин и др.). Причем доля неудачных ремонтов различна для различных ГТМ (в частности, при смене насоса доля успешности работ составляет от 0,95 до 1).

Предложенный метод анализа РИР позволяет наглядно продемонстрировать успешность РИР по подрядчикам, предлагающим те или иные технологии, а также видам выполняемых работ.

Избирательность тампонирования водопроводящих каналов будет определяться не только химическим составом водоизоляционной композиции, но и неравномерностью ее проникновения в нефте- и водоносные интервалы за счет вязкости, плотности флюида и проницаемости породы, а также некоторыми технологическими особенностями обработки и эксплуатации скважин.

Приоритетным фактором для выбора технологии и тампонирующего материала является характер обводнения скважин. По данному фактору РИР можно разделить на следующие виды [1]:

ликвидация заколонных перетоков, как с

- » ликвидация заколонных перетоков как с выше-, так и с нижележащих водоносных пластов;
- » ограничение притока подошвенных вод (залежи с подстилающими подошвенными водами);
- » ликвидация прорыва пластовых и нагнетаемых вод по наиболее проницаемым прослойкам внутри нефтяной толщи;
- » повышение нефтеотдачи продуктивных пластов за счет выравнивания профиля приемистости в нагнетательных скважинах;
- » водоизоляционные работы, проводимые в добывающих и нагнетательных скважинах одновременно;

operation, is cost-effective and the expenditure for GTW evens itself out during operation between overhauls.

Experience of repair works shows that some repairs fail (repair works not completed or the forecast operating practice of wells not achieved, etc). This being said, a proportion of failed repairs varies for different GTW, in particular when replacing a pump. A percentage of work success is 0.95 to 1 and, when performing RIW, it is possible to calculate the percentage of RIW success, etc.).

The proposed method of RIW analysis gives a clear demonstration of RIW success not only for subcontractors offering various technologies, but also provides a breakdown on the basis of various types of work.

The selectivity of the backfilling of water supply channels will be determined not only by the chemical content of the water insulation composition, but also by the variations in the penetration of water insulation material into oil and water, saturated intervals due to viscosity, density and permeability and also due to some technological specifics of treatment and well operation.

The priority for selecting technology and backfilling material is well watering. Based on the character of well watering, it is possible to divide RIW into the following types [1]:

- » elimination behind-the-casing flows from the top and bottom of the water-bearing layers;
- » limitation of bottom water influx (deposits with bottom waters);
- » elimination of influxes of embedded and injected waters through mostly permeable layers inside the oil section;
- » improved oil recovery from production formations by means of conformance control in injection wells;
- » water insulation works, carried out simultaneously in production and injection wells;
- » shutting down reservoirs (the requirement for this type of RIW occurs in wells where there are several formations under operation simultaneously);
- » eliminating casing breakdowns;
- » switching wells to lower layers/horizons, temporary well preservation and well abandonment (to be carried out in compliance with current regulations on switching wells to other horizons, temporary preservation and abandonment).

Furthermore, the following factors affect the selection of RIW technology and backfilling material:

- » the specific geological structure of the oilfield and formation;
- » the geological-oilfield specifics of formation, exploration conditions, etc;
- » the well structure, technical condition, available surface and subsurface equipment, etc

- » отключение отдельных пластов (необходимость проведения данного вида РИР возникает в скважинах, одновременно эксплуатирующих несколько пластов);
- » ликвидация нарушений обсадных колонн;
- » перевод скважин на нижние пласти/горизонты, временная консервация и ликвидация скважины (осуществляется с действующим положением о порядке перевода скважин на другие горизонты, временной консервации и ликвидации скважин). Кроме того, на выбор технологии РИР и тампонирующего материала влияют следующие факторы:
 - » особенности геологического строения месторождения, пласта, собственно объекта воздействия;
 - » геолого-промышленные характеристики месторождения, пласта, условия разработки и т.д.;
 - » конструкция скважины, ее техническое состояние, имеющееся подземное и наземное оборудование и др.

С учетом указанных факторов разрабатывается собственно технология проведения РИР и подбирается наиболее подходящая к ним рецептура изоляционной композиции.

Таким образом, если ориентироваться на обоснование необходимости и установление вида РИР без уточнения метода и технологии их проведения, то задачу можно решить, базируясь на сведениях банка данных, созданных для подсчета запасов и анализа разработки месторождений.

Целесообразность проведения РИР в первую очередь зависит от общего состояния и эффективности системы разработки на участке залежи (месторождения). В настоящее время имеется множество методов/критериев выбора потенциальных скважин-кандидатов для проведения РИР (см. таблицу), каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. Использовать лишь один метод/критерий при планировании РИР было бы неправильно, поскольку каждый из них является опорным инструментом в отборе скважин из большого массива данных и требует в дальнейшем детального по скважинного просмотра.

При разработке алгоритмов определения потребности в проведении РИР в добывающих и нагнетательных скважинах ставились задачи выявления потребности в указанных работах в целом. Выбор же технологии проведения РИР в условиях разработки каждого конкретного пласта осуществляется отдельно с учетом таких факторов,

Based on the specified factors, a technology for RIWs is developed and the most suitable insulation composition is selected.

Therefore, if guided by the establishment of the necessity and the requirement to identify the type of RIW required without specifying the method and technology, the task may be resolved on the basis of the information in the database for calculating reserves and analysing oilfield exploration.

The advisability of RIW will depend firstly on the general conditions and the efficiency of the exploration system in the oilfield. To date, a great number of methods/criteria for selecting potential candidate-wells for RIW (see Table 1) have been developed, each of those methods having its own advantages and disadvantages. It would be wrong to use only one method for planning RIW, since each method is a support tool for the selection of wells on the basis of a large amount of information and requires detailed examination well by well.

When developing the algorithm for identifying the RIW requirement for production and injection wells, tasks were set up to identify the general requirements for specified works. However, the methods for work in the development conditions of each individual formation are selected separately, allowing for such factors as experience, equipment, the level of WWO service, the availability of the required materials, etc.

For fast decision making, a simple, user-friendly procedure is needed which would not require time and complicated calculations. It should be borne in mind that when wells are selected a calculation of well potential is carried out (for lowering a standard-sized pump), the assessment of watering (one of the most difficult parameters in planning RIW) and a feasibility study.

To a greater degree, the methods/criteria for selecting candidate-wells are based on the following:

- » the comparison of their development parameters with the condition of a reservoir's management in general;
- » the application of validity criteria, taking into account the geological-physical characteristics of the reservoirs, the physical-chemical properties of the formation liquids and gases, the exploration system and the reserve recovery conditions;
- » a study of the reasons for closing errors/reasons for watering (Pic. 2).

In order to establish the type of RIW, the reasons for closing errors must be identified, i.e. the reasons for well watering: breakdown of casing, non-watertight cement ring, watering of some intervals of production formation, etc. Watering reasons may be identified on the basis of an analysis of the

Candidate-wells Selection Method	Method Description	Advantages	Disadvantages
Express method for selection of wells for RIWs (nomographic chart for selection of GTW)	The method is based on the identification of the most important parameters, characterising the condition of their development and oil reserves production in comparison with the condition of the development of the whole oilfield	1. Allows identification of measures for production and injection wells. 2. Allows identification and specification of the required set of measures and technologies for stimulation of production and limitation of water influxes.	1. Does not take into consideration relative position of wells. 2. Applicable for spots of injection wells with reacting mines 3. An addition to the principal method based on course of closing errors
Consistent pattern of RIW success distribution depending on the "reserves-watering" wait function (trend analysis)	The method is based on the statistical processing of the success criteria of completed RIWs in conjunction with the wait function to exclude the most risky event options	1. Practicality and simplicity of application 2. Identification of boundaries for successful RIW 3. Exclusion of risky scenarios at the planning stage	1. Requires a statistical performance period on the works performed earlier 2. Depends on the evaluation accuracy of the development of maps of initial and residual reserves. 3. The variable parameter location probabilities in the possible ranges of waiting functions have not been identified.
Express analysis of the stock situation of oil wells.	Quantitative-qualitative evaluation of well performance parameters over a period of time	1. A detailed approach to problem solution	1. A time and labour consuming analysis
Diagnostic technique for waterways using a graphic method	Based on the correlation analysis of the watering dynamics, production wells recovery of water and liquid, and injection volumes for injection wells. The water-oil ratio adds to the analysis	1. Allows identification of the main reason for well or site watering without any special studies.	1. This method is sufficient for the selection of wells for RIW but not for the design of insulation works.
Calculation of RIW feasibility	The method is based on the identification of a group of wells with the prospect of water insulation works (calculation of a feasibility factor) and rating of the identified list of wells on the expected cost-effectiveness of the works	1. Allows work with a large group of wells 2. Assumes that the rating of the identified list of wells is based on the expected cost effectiveness.	1. Depends on the evaluation accuracy of the development of maps of initial and residual reserves.
"Productivity- watering" wait function (4,5)	Wells are selected on the basis of the specified function of feasibility, taking into account the level of surplus water influx and well production potential.	1. Allows work with a large group of wells during the development of a hydro-dynamic model.	1. Complexity in the evaluation of the relative permeability ratio. 2. Depends on the evaluation accuracy of the development of maps of initial and residual reserves.
A series of specified criteria for the selection of wells for various water insulation works (2)	Using calculation studies in the three-dimensional medium of the stimulator the criteria for well selection from the point of view of their development efficiency for the selective insulation of water influxes, conformance control and the elimination of cross-flows	1. The series of specified criteria takes into consideration the identified characteristics of the well watering of various reserve types in the course of studies.	1. The algorithm for the fast, comprehensive computer application of identified criteria has not been developed yet.
An express method for diagnosing wells to identify the main reasons for watering	The method is based on the comprehensive application of priority information, fuzzy sets and graphic research methods	1. Allows the assessment of the well watering source (circulation behind the string, influx of formation or injection waters)	1. The method is based on the fuzzy sets theory 2. The selection of the membership function is based on the application of an expert's report or statistics.
Well water influx diagnosis (6)	Application of an analytical approach for the identification of watering reasons and excess watering sources: change of Water-Oil ratio and logging data	1. The interpretation of the watering development diagnosis is based on the digital simulation and oilfield operation experience. 2. The use of NODAL analysis for graphic watering diagnosis. 3. The WATERCASE software package has been developed to assist in the analysis of watering reasons and provides a list of possible problems in decreasing order. 4. Watering control within the scale of the oilfield.	1. Expensive (licensed software package)
The selection of candidate-wells for misfit reasons (1)	Establishment of RIW based on the reasons for imbalance, i.e. reasons for watering	1. A detailed approach to resolving the problem.	1. A time and labour-consuming analysis.
	The method is based on the solution algorithm "Identification of the RIW requirement in the stock of production and injection wells".	1. A detailed approach to resolving the problem. 2. A step-by-step analysis of the watering source in the inversion algorithm of a task that is not obvious.	1. A time and labour-consuming analysis.

Table 1 Review of Proposed Methods for Selection of Candidate-wells for RIW

как наличие опыта, оснащенность оборудованием, уровень организации службы КРС, наличие необходимых материалов и др.

geological and operational data concerning the well and data on the development of separate deposit sites and formations in general.

Методика подбора скважин-кандидатов	Сущность метода	Преимущества	Недостатки
Экспресс-метод выбора скважин для проведения РИР (номограмма выбора скважин на проведение ГТМ)	Методика основана на выделении наиболее значимых параметров, характеризующих состояние их разработки и выработки запасов нефти, в сопоставлении с состоянием разработки всей площади или месторождения в целом	1. Позволяет определить мероприятия как на добывающем, так и на нагнетательном фонде 2. Позволяет уточнить необходимый комплекс мероприятий и технологий по интенсификации добычи и ограничению водопритоков	1. Не учитывает взаимоположение скважин 2. Применима для ячеек нагнетательных скважин с реагирующими добывающими 3. Является дополнением к основной методике, основанной на причине невязок
Закономерность распределения успешности РИР от функции ожидания «запасы-обводненность» (трендовый анализ)	Методика основана на статистической обработке успешности проведенных РИР с привязкой к функции ожидания для исключения наиболее рискованных вариантов событий	1. Практичность (простота) в использовании 2. Выявление границ успешности проведения РИР 3. Исключение рискованных вариантов событий уже на стадии планирования	1. Необходима статистическая наработка по ранее выполненным работам 2. Зависит от точности оценки построения карт начальных и остаточных запасов 3. Не определены вероятности нахождения значений переменных параметров в возможных диапазонах функции ожидания
Экспресс-анализ состояния фонда нефтяных скважин	Сущность метода экспресс-анализа состояния фонда добывающих нефтяных скважин заключается в количественно-качественной оценке показателей ее эксплуатации в динамике	1. Детальный подход к решению задачи	1. Требует много времени и человеческих ресурсов на проведение анализа
Метод диагностики водопротоков графическим методом	Основан на корреляционном анализе динамик обводненности, добычи воды и жидкости добывающих скважин, а также объема закачки по нагнетательным. Дополняет метод анализа динамик ВНФ	1. Позволяет выявить основной источник обводнения скважины или участка без проведения специальных исследований	1. Метод достаточен для выбора скважин под РИР, но не достаточно для дизайна изоляционных работ
Расчет функции целесообразности проведения РИР	Методика основана на выделении группы скважин, перспективных для проведения водоизоляционных работ (расчет функции целесообразности) и ранжирование выделенного списка скважин по ожидаемой экономической эффективности мероприятий	1. Позволяет работать с большим массивом скважин 2. Предполагает ранжирование выделенного списка скважин по ожидаемой экономической эффективности	1. Зависит от точности оценки построения карт начальных и остаточных запасов
Функция ожидания «продуктивность – обводненность» (4,5)	Является усовершенствованием предыдущей методики, выбор скважин производится с расчетом уточненной функции целесообразности, учитывающей как уровень избыточности водопритока, так и потенциал скважин по продуктивности.	1. Позволяет работать с большим массивом скважин при создании гидродинамической модели	1. Сложность в оценке фазовых проницаемостей проницаемости 2. Зависит от точности оценки построения карт начальных и остаточных запасов
Серия уточненных критерии выбора скважин для проведения различных водоизоляционных работ (2)	С использованием вычислительных исследований в трехмерной среде симулятора уточнены с позиции эффективности разработки критерии выбора скважин для проведения селективной изоляции водопротоков, ВПП и ликвидации заколонных перетоков	1. Серия уточненных критерии учитывает выявленные в ходе исследований особенности обводнения скважин залежей различного типа	1. Пока не разработан алгоритм быстрого комплексного компьютерного использования выявленных критерии
Экспресс-метод диагностики скважин для определения основных причин обводнения	Методика основана на комплексном использовании «априорной информации», методов нечетких множеств и графических методов исследований	1. Позволяет оценить источник обводнения скважин (ЭКЦ, поступление пластовых или закачиваемых вод)	1. Методика основана на теории нечетких множеств 2. Выбор функции принадлежности основан на использовании экспертных заключений, либо статистики
Скважинная диагностика водопротоков (6)	Достоверные данные по истории добычи обычно содержат достаточно полезной информации для диагностирования проблем обводнения. Метод предполагает использование аналитических подходов к определению причин обводнения и источников избыточного обводнения: изменение ВНФ, динамика добычи и данные каротажа	1. Интерпретация диагностики развития обводнения основывается на численном моделировании и опыте эксплуатации месторождения 2. Используется «узловой» анализ (NODAL-анализ) при графической диагностике обводнения 3. Разработан программный пакет WATERCASE, помогающий при анализе причин обводнения с выдачей списка возможных проблем в порядке уменьшения их вероятности 4. Контроль обводнения в масштабе месторождения	1. Дороговизна (лицензионный пакет программ)
Подбор скважин-кандидатов по причинам невязок (1)	Обоснование РИР по причинам несоответствия, т.е. причинам обводнения	1. Детальный подход к решению задачи	1. Требует много времени и человеческих ресурсов на проведение анализа
	Методика основана на алгоритме решения задачи «Определение потребности в РИР в фонде нефтяных и нагнетательных скважин»	1. Детальный подход к решению задачи 2. Пошаговый анализ оценки источника обводнения заложен в алгоритм решения неявной задачи	1. Требует много времени и человеческих ресурсов на проведение анализа

Таблица 1 Обзор предлагаемых методик по подбору скважин-кандидатов на проведение РИР



Рис. 2 Схема выбора скважин-кандидатов для проведения РИР на основе изучения причин невязок (причин обводнения)
Pic. 2 Diagram of the Selection of Candidate-Well for RIW Based on Studies of the Reasons for Closing Errors/Reasons for Watering

Для быстрого принятия решения необходима простая методика, не требующая сложных расчетов и времени. Нужно учитывать, что после подбора скважин рассчитывается потенциал скважины (для спуска насоса оптимального типоразмера), оценивается обводненность (один из параметров, осложняющих планирование РИР) и определяется экономическая эффективность.

В основном методы/критерии подбора скважинкандидатов базируются на:

- » сопоставлении показателей их разработки с состоянием разработки месторождения в целом;
- » использовании критериев применимости, учитывающих геолого-физическую характеристику коллекторов, физико-химические свойства пластовых жидкостей и газов, систему разработки, состояние выработки запасов нефти;
- » изучении причин невязок, т.е. причин обводнения (рис. 2).

Для обоснования вида РИР должны быть установлены причины несоответствия, т.е. причины обводнения скважины: нарушение обсадной колонны, негерметичное цементное кольцо, обводнение отдельных интервалов продуктивного пласта и др. Установить причины обводнения можно на основе анализа геолого-эксплуатационных данных по скважине и данных о разработке отдельных участков залежи и пласта в целом.

Иногда может быть установлена необходимость проведения того или иного вида РИР и сделан выбор метода, технологической схемы и изоляционного материала или разобщающего средства. Если же анализ перечисленных сведений не позволяет получить однозначных заключений о причинах обводнения скважин путях поступления воды в них, то на его основе можно определить комплекс дополнительных исследований для уточнения причин обводнения.

Заключение

1. Современное состояние разработки многих нефтяных месторождений характеризуется все возрастающей потребностью в проведении в скважинах РИР, являющихся одним из основных средств обеспечения рациональной разработки месторождений. Ключевым фактором в современной разработке и эксплуатации месторождений становится понимание проблем обводнения и их решение.
2. Своевременность и эффективность осуществления РИР во многом определяют технико-экономические показатели процесса разработки месторождений в целом.

Sometimes, the requirement for a certain type of RIW may be identified and the selection of the method, flow diagram and insulation material or isolation medium established. If the analysis of the data listed above does not allow clear conclusions to be reached about the reasons for well watering and the water influx routes, it will be possible to identify a set of additional studies to clarify the reasons for watering.

Summary

1. The modern exploration conditions of many oil deposits are characterised by the increasing requirements for well RIW, which are one of the main means of ensuring the cost-effective development of deposits. The key factor in the modern exploration and operation of deposits is the achievement of an understanding of watering problems and their solution.
2. The timeliness and efficiency of RIW largely depends upon technical and economic performance indicators concerning deposit development in general.
3. The success of RIW largely depends upon the fulfilment of the following tasks:
 - » the accuracy of well selection for RIW and the quality of the geological and geophysical studies of wells (GSW);
 - » the selection of the appropriate insulation material and RIW technology.
4. In order to identify problems in RIW planning it is necessary to analyse the completed works so as to identify the area of the tasks (geological and technological) to be carried out.
5. The priority guideline for the selection of technology and backfilling material is the character of the well watering.
6. To date, a great number of methods/criteria have been developed for selecting potential candidate-wells for RIW, each with its own advantages and disadvantages. The selection of methods/criteria depends on the completion of the relevant task (time, scale, labour cost, etc).
7. The majority of the RIW problems under review require further development and more thorough studies so as to establish the conditions required for RIW and to improve their technology and efficiency.

List of References

1. Blazhevich, V.A., Umrikhina, E.N., Umrtbaev, V.G., Уметбаев В.Г. Oilfield Operation Repair & Insulation Works. Published: NEDRA, 1981. – page 236: illustrated.
2. Kulikov, A.N., Stroganov V.M., et al. Best Practice and Study of Validity Criteria for the Selective Insulation of Water Influx Technology Using Organosilicone Compounds // Petroleum Engineering, No 9. - 2005. pages 36-45.
3. Pasinkov, A.G., Gabdulov, R.R., Nikishov V.I., Slivka P.I., Selective Insulation of Water Influxes during Development of Multilayer Deposits // Neftyanoe Khozaistvo, No 5. - 2008. Pages. 64-66.

3. Успешность РИР во многом зависит от решения таких задач как:

- » правильность выбора скважин для проведения РИР, обеспечения качества проводимых геолого-геофизических исследований скважин;
- » выбор соответствующего изоляционного материала и технологии РИР.

4. Для выявления проблем в планировании РИР необходимо проведение анализа выполненных работ с целью определения области решаемых задач (геологических или технологических).

5. Главным фактором для выбора технологии и тампонирующего материала является характер обводнения скважин.

6. В настоящее время разработано множество методов/критериев выбора потенциальных скважин-кандидатов для проведения РИР, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. Выбор метода/критериев зависит от решения поставленной задачи (времени, масштаба, труда/затрат и т.д.).

7. Большинство рассмотренных проблем проведения РИР требуют дальнейшего более глубокого исследования с целью обоснования условий проведения РИР, совершенствования их технологии и повышения эффективности.

Список использованной литературы

1. Блажевич В.А., Умрихина Е.Н., Уметбаев В.Г. Ремонтно-изоляционные работы при эксплуатации нефтяных месторождений. М.: Недра, 1981. - 236 с.
2. Обобщение результатов и исследование критериев применимости технологий селективной изоляции водопритоков с использованием кремнийорганических соединений / А.Н. Куликов [и др.] // Нефтепромысловое дело. – 2005. – № 9. – С. 36-45.
3. Селективная изоляция водопритоков при разработке многопластовых месторождений / А.Г. Пасынков, Р.Р. Габдулов, В.И. Никишов, П.И. Сливка // Нефтяное хозяйство. – 2008. – № 5. – С. 64-66.
4. Куликов А.Н., Нигматуллина Р.Г. К вопросу оптимизации выбора объектов изоляционных работ на водоплавающих залежах Западной Сибири // Интервал. – 2008. – № 6. – С. 36-40.
5. Куликов А.Н., Никишов В.И. Исследование особенностей обводнения скважин нефтяных залежей различного типа при проведении ГТМ с целью планирования мероприятий по ограничению добычи воды // Интервал. – 2007. – № 8. – С. 27-31.
6. Диагностика и ограничение водопритоков / Б. Бейли, М. Крабтри, Д. Тайри [и др.] // Нефтегазовое обозрение. – 2001. – С. 44-67.



4. Kulikov, A.N, Nigmatulina R.G. Optimising the Selection of Subjects for Insulation Works on the Bottom Water-Drive Reservoirs of Western Siberia // Interval, No 6. - 2008. pages 36-40.

5. Kulikov, A.N, Nikishov V.I. Study of the Watering Specifics of Various Types of Oil Wells during GTW with the Aim of Planning Measures to Limit the Water Production Interval, No.8. - 2007. pages 27-31.

6. Bill Beyli, Michael Crabtree, Jeb Tairy, et al. Diagnostics and the Limitation of Water Influxes // Oil & Gas Review, Spring. - 2001. pages 44-67.

Эта статья была опубликована в информационном научно-техническом бюллетене «НК «Роснефть» Научно-техническом вестнике ОАО «НК «Роснефть», № 4, 2009 года, стр. 22-26; ISSN 2074-2339) и завоевала первую премию в 2009 году за лучшую публикацию в журнале. Печатается с разрешения редакционной коллегии.