УДК 553.9:622

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА

FEATURES OF BUILDING GEOLOGICAL MODEL OF AN OBJECT

Рогов Евгений Анатольевич,
кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник
ООО «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – Газпром ВНИИГАЗ»
e_rogov@vniigaz.gazprom.ru

Жирнов Роман Анатольевич
кандидат технических наук, директор центра
ООО «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – Газпром ВНИИГАЗ»
r_zhirnov@vniigaz.gazprom.ru

Тюхтина Натела Сохатовна
начальник лаборатории,
ООО «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – Газпром ВНИИГАЗ»
n_tyukhtina@vniigaz.gazprom.ru

Пискарев Сергей Анатольевич
заместитель начальника ПХГ по геологии
Невское управление подземного хранения газа
s_piskarev@phg.gazprom.ru

Rogov Evgeny Anatolevich
Ph. D., Senior Research Scientist,
LLC «Scientific Research Institute of Natural Gases and Gas Technologies – Gazprom VNIIGAZ»
e_rogov@vniigaz.gazprom.ru

Zhirnov Roman Anatolevich
Ph. D., director of the Centre,
LLC «Scientific Research Institute of Natural Gases and Gas Technologies – Gazprom VNIIGAZ»
r_zhirnov@vniigaz.gazprom.ru

Tyukhtina Natela Sahatovna
Chief of Laboratory,
LLC «Scientific Research Institute of Natural Gases and Gas Technologies – Gazprom VNIIGAZ»
n_tyukhtina@vniigaz.gazprom.ru

Piskarev Sergey Anatolevich
Deputy chief UGS on Geology Nevsky Management of Underground Gas Storage
s_piskarev@phg.gazprom.ru

Аннотация. Построение геологической модели объекта (месторождения или подземного хранилища газа (ПХГ)) является одной из приоритетных задач, так как на основе геологических моделей на разных этапах эксплуатации месторождений определяются текущие технологические показатели разработки или технологические режимы при закачке/отборе газа на газохранилищах, особенно при эксплуатации ПХГ, созданных в водоносных пластах.

Ключевые слова: геологическая модель, корреляция разрезов скважин, эксплуатация, месторождение, подземное хранилище газа.

Annotation. Creation of geological model of an object (the field or the underground gas storage (UGS)) is one of priority tasks as on the basis of model at different operational phases of fields the current technological indicators of development or the technological modes at downloading/gas offtake on gas storages are defined, especially at operation of UGS created in water-bearing layers.

Keywords: geological model, correlation of cuts of wells, operation, field, underground gas storage.

Геологическая модель объекта (нефтяного, газоконденсатного или газового месторождения, а также ПХГ) составляется на основании изучения геологическойи промысловой информации и уточняется по мере поступления сведений, начиная от стадии разведки объекта и до эксплуатации объекта на завершающей стадии разработки или при выходе газохранилища на равномерную циклическую эксплуатацию [1].

Геологическая модельвключаетданные о геологическом строении объекта, его геометрии, тектоники, стратиграфии, гидрогеологической характеристике, фильтрационно-емкостных свойств продуктивныхгоризонтов, их проницаемости и пористости по площади и разрезу, а также отдельных нефтегазонасыщенных пропластков, величине запасов нефтегазоконденсатных месторождений по мере их выработки, объемов активного и буферного газа закачке/отборе на ПХГ и т.д.

В процессе эксплуатации месторождений происходит постепенное снижение пластового давления, подъем уровня нефтегазоводяного контакта, подтягивание конусов обводнения, обводнение нижезалегающихнефтегазонасыщенных интервалов, и как следствие, требуется корректировка технологических показателей с учетом постоянной актуализации геологической модели. Особенно важныдостоверные представления о геологических моделях ПХГ, так как помимо проблем сезонной эксплуатации газохранилищ, необходимо решать и другие не менее важные задачи:

– максимальная осушка объекта хранения газа;
– предотвращение растекания газа за пределы выбранной ловушки,

– контроль изменения газонасыщенности объекта хранения газа при закачке/отборе газа;
– контрольгерметичности покрышки и утечек газа в вышележащие горизонты;
– контроль работы эксплуатационных скважин, имеющих межколонные давления и др.

В зависимости от цикла эксплуатации ПХГ происходит либо осушка объекта хранения газа, либо его обводнение, изменяется газонасыщенностьпродуктивных пластов и пропластков в разрезе и по площади, в связи с чем геологическая модель должна постоянно корректироваться для уточнения оптимальных технологических показателей при закачке/отборе газа. Кроме того, одними из основных параметров, определяющих показатели эксплуатации ПХГ при обводнении скважин являются коэффициенты фильтрационного сопротивления (КФС), при этомКФС α характеризует параметры пласта в призабойной зоне скважины, КФС b – зависит от конструкции забоя скважины [2]. Для повышения производительности эксплуатационных скважин и восстановления фильтрационно-емкостных свойств пласта (особенно в нейтральный период перед отбором газа из ПХГ) в промысловых условиях широко применяютсяразличные методы воздействия на призабойную зону пласта (ПЗП) [3]. В качестве рабочих агентов наиболее эффективны составы технологических жидкостей физико-химического действия [4–10]. Как правило, после воздействия на ПЗП физико-химически активными жидкостями, производительность газовых скважин резко возрастает [11, 12].

Сведения о строении продуктивныхгоризонтов и отдельных газонасыщенныхпропластков, их общей и эффективной мощности, выдержанности, литофациальной изменчивости дает детальная корреляция разрезов скважин, что является основой для построениялюбой геологической модели объекта. В разрезе отделяются характерные синхронные точки принадлежащие одновременно поверхности осадконакопления, и интервалы, приуроченные к одному геологическому телу. При этомнеобходимо выделение не только синхронных точек, но и всех имеющихся в разрезе и по площадигазопроницаемых пластов и непроницаемых пропластков.

Корреляция разрезов скважин проводится на основании результатов промыслово-геофизических исследований и после каждого цикла отбора/закачки газа позволяет осуществлять контроль обводнения и осушки объекта хранения газа, а также изменение газонасыщенностиобъекта хранения и вышезалегающих горизонтов, что позволяет своевременно определить перетоки и оценить потери газа как при газовомрежиме эксплуатации ПХГ [13, 14], так и при водонапорном режиме эксплуатации [15] и оперативно принять меры по ликвидации утечек газа [16, 17].

Особенности построения геологической модели (в частности, корреляции разрезов газовых скважин) рассмотрим на примере Гатчинского ПХГ. Циклическая закачка/отбор газа на Гатчинском ПХГ осуществляетсяв отложения жорновской свиты верхнего протерозоя, залегающие на глубине от 450 до 500 метров и представленныечередованием глинистых и песчаных пачек. Глинистые пачки представлены глинистыми песчаниками и алевролитами с чередующими прослоями песчаников, песков и глин, песчаные пачки – песками и песчаниками с прослоями алевролитов и глин. Снизу-вверх на разрезе представленыпачки(П-3, П-2 и П-1),разделенные глинистыми или заглинизированными пропластками. Основным объектом хранения является пачка П-3, однако газ может заполнять и вышележащие пласты, в связи с чем залежь газа имеет сложную конфигурацию. На рисунке 1 представлена схема геологического строения некоторых скважин Гатчинского ПХГ с выделением пачек в разрезе по литологической корреляции и по синхронным точкам.

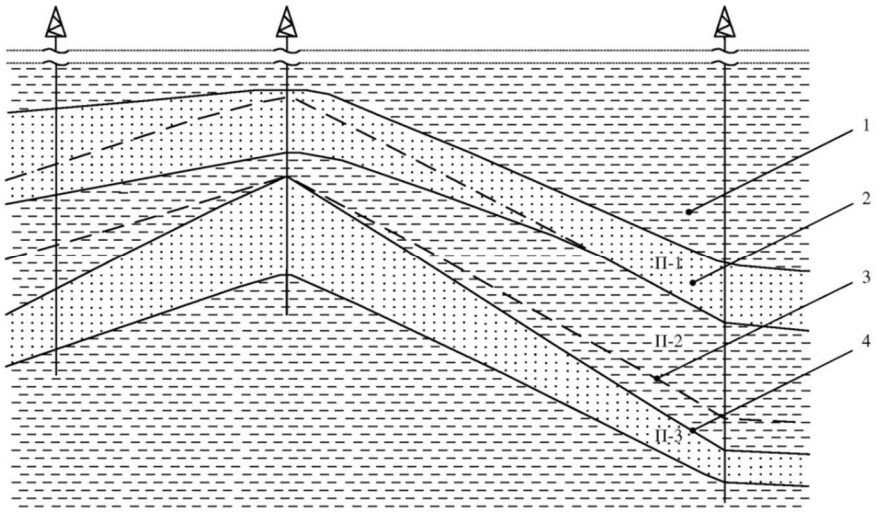

Рисунок 1 – Схема геологического строения скважин:
1 – непроницаемые породы, 2 – проницаемые породы,
3 – границы по синхронным точкам, 4 – границы по данным литологической корреляции

При циклической закачке газа в ПХГ в первую очередь происходит заполнение всех связанных и наиболее проницаемых разностей в разрезе, вне зависимости от того, к какой точке они принадлежат. Поэтому при построении геологической модели ПХГ необходимо после нахождения синхронных точек выделять границы проницаемых пачек с включением в их мощность опесчаненных, связанных с рассматриваемой пачкой разностей и исключением заглинизированныхпропластков.

Корреляция с учетом литологии слагающих разрез отложений позволяет правильно выделить проницаемые и непроницаемые пласты в разрезе, проследить их выдержанность по площади и оценить их емкостный объем или объем скопившегося в них газа.

Таким образом, при построении геологической модели ПХГ при корреляции разрезов скважин после выделения синхронных точек целесообразно последующее проведение литологической корреляции с детальным выделением в разрезе проницаемых и плотных пластов и пропластков, что позволит своевременно скорректировать объемы при закачке/отборе газа по эксплуатационным скважинам ПХГ.

Литература:

1. Основы геологического моделирования. Учеб. пособие / В.А. Белкина [и др.]. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2015. – 168 с.

2. Контарев А.А., Рогов Е.А. Анализ изменения коэффициентов фильтрационных сопротивлений при обводнении скважин // Проблемы геологии, разработки и эксплуатации месторождений, транспорта и переработки трудноизвлекаемых тяжелых нефтей. Материалы всероссийской научно-технической конференции (с международным участием). – Ухта, 2022. – С. 64–66.

3. Рогов Е.А. Разработка методов оценки составов технологических жидкостей для разупрочнения глинистых образований при бурении скважин: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук // Научный центр нелинейной волновой механики и технологии Российской академии наук. – М., 2011. – 125 с.

4. Патент РФ на изобретение № 2679936. Способ очистки призабойной зоны пласта от глинистых образований.Опубл. 14.02.2019. Бюл. № 5.Заявка № 2018108337 от 06.03.2018.

5. Рогов Е.А. Выбор состава технологической жидкости для очистки призабойной пласта от глинистых образований // Нефтепромысловое дело. – 2014. – № 10. – С. 41–43.

6. Патент РФ на изобретение № 2559267. Состав для обработки призабойной зоны пласта терригенных коллекторов / Рогов Е.А. Опубл. 10.08.2015. Бюл. № 22. Заявка № 2014125461/03 от 24.06.2014.

7. Патент РФ на изобретение № 2617135. Способ очистки призабойной пласта от глинистых образований / Рогов Е.А. Опубл. 21.04.2017. Бюл. № 12. Заявка № 2015155147 от 22.12.2015.

8. Рогов Е.А. Состав технологической жидкости для декольматации призабойной зоны пласта // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2016. – № 6. – С. 38–40.

9. Рогов Е.А. Технологическая жидкость для обработки призабойной зоны пласта терригенных коллекторов на подземных хранилищах газа // Нефтепромысловое дело. – 2016. – № 5. – С. 34–36.

10. Рогов Е.А., Контарев А.А., Пискарев С.А. Методика оценки эффективности составов технологических жидкостей для восстановления проницаемости призабойной зоны пласта // Ашировские чтения. – 2021. – Т. 1. – № 1. – С. 300–304.

11. Рогов Е.А. Исследование проницаемости призабойной зоны скважин при воздействии технологическими жидкостями // Записки горного института. – 2020. Т. 242. – С. 169–173. – DOI: 10.31897/PMI.2019.1.24

12. Рогов Е.А. Восстановление проницаемости призабойной зоны пласта в открытом стволе скважины // Нефтепромысловое дело. – 2015. – № 9. – С. 17–21.

13. Патент РФ на изобретение № 2526434. Способ определения герметичности подземных хранилищ газа / Солдаткин С.Г., Рогов Е.А., Бебешко И.Г. Опубл. 20.08.2014. Бюл. № 23. Заявка № 2013118622/03 от 23.04.2013.

14. Рогов Е.А. Оценка герметичности скважин // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2018. – № 3. – С. 27–30.

15. Патент РФ на изобретение № 2540716. Способ определения герметичности подземных хранилищ газа с водонапорным режимом эксплуатации / Солдаткин С.Г., Рогов Е.А., Бебешко И.Г. Опубл. 10.02.2015. Бюл. № 4. Заявка № 2013141655/03 от 10.09.2013.

16. Рогов Е.А. Оценка потерь газа при эксплуатации скважин // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2019. – № 10. – С. 50–53.

17. Патент РФ на изобретение № 2655090. Способ определения потерь газа при эксплуатации подземных хранилищ газа / Рогов Е.А., Солдаткин С.Г. Опубл.23.05.2018. Бюл. № 15. Заявка № 2017117748 от 22.05.2017.

References:

1. Bases of geological modeling. Educ. manual / B.A. Belkina [et al.]. – Tyumen : TyumGNGU, 2015. – 168 p.

2. Kontarev A.A., Rogov E.A. The analysis of change of coefficients of filtrational resistance when watering wells // In the collection: Problems of geology, development and operation of fields, transport and processing of hardly removable heavy oils. Materials of the All-Russian scientific and technical conference (with the international participation). – Ukhta, 2022. – P. 64–66.

3. Rogov E.A. Development of methodsof assessmentofstructures ofprocess liquids for loss of strength of clay educations at well drilling: The thesis for degree of candidate of technical sciences // Scientific center of non-linear wave mechanics and technology of the RAN. – M., 2011. – 125 p.

4. Patent Russian Federation № 2679936. Method of cleaning bottomhole formation zone from clay formations / Rogov E.A. Opubl. 14.02.2019. – Bull. № 5.
5. Rogov E.A. The choice of structure of process liquid for refining bottomhole formation from clay educations // Oil-field business. – 2014. – № 10. – P. 41–43.
6. Patent Russian Federation № 2559267. Composition for treatment of bottomhole zone of terrigenous reservoirs / Rogov E.A. Opubl. 10.08.2015. Bull. № 22.
7. Patent Russian Federation № 2617135. Method of cleaning bottomhole formation zone from clay formations / Rogov E.A. Opubl. 21.04.2017. Bull. № 12.
8. Rogov E.A. Structure of process liquid for dekolmatation of bottomhole zone of formation // Stroitelstvo neftyanykh i gazovykh skvazhin na sushe i more. – 2016. – № 6. – P. 38–40.
9. Rogov E.A. Process liquid for processing of bottomhole zone of formation of terrigenous reservoirs on underground gas storages // Oil-field business. – 2016. – № 5. – P. 34–36.
10. Rogov E.A., Kontarev A.A., Piskarev S.A. Technique of assessment of efficiency of compositions technological liquids for restoration of permeability a bottomhole zone of layer // Ashirovsky readings. – 2021. – Vol. 1. – P. 300–304.
11. Rogov E.A. Study of the well near-bottomhole zone permeability during treatment by process fluids // J. Mining Institute. – 2020. – Vol. 242. – P. 69–173. – DOI : 10.31897/PMI.2019.1.24.
12. Rogov E.A. Recovery of permeability of bottomhole zone of formation in open well bore // Oil-field business. – 2015. – № 9. – P. 17–21.
13. Patent Russian Federation № 2526434. Determination of underground gas store tightness / Soldatkin S.G, Rogov E.A, Bebechko I.G. Opubl. 20.08.2014. Bull. № 23.
14. Rogov E.A. Assessment of tightness of wells // Stroitelstvo neftyanykh i gazovykh skvazhin na sushe i more. – 2018. – № 3. – P. 27–30.
15. Patent Russian Federation № 2540716. Leak-tightness determination method for underground gas storage facilities with water drive operation mode / Soldatkin S.G, Rogov E.A, Bebechko I.G. Opubl. 10.02.2015. Bull. № 4.
16. Rogov E.A. Gas loss estimate at operation of wells // Stroitelstvo neftyanykh i gazovykh skvazhin na sushe i more. – 2019. – № 10. – P. 50–53.
17. Patent Russian Federation № 2655090. Method for determining gas losses in the operation of underground gas storage facilities / Rogov E.A, Soldatkin S.G. Opubl. 23.05.2018. Bull. № 15.