

## ОСОБЕНОСТИ НА НЕФТОИЗВЛИЧАНЕТО ПРИ НАХОДИЩА С ВОДОНАПОРНИ РЕЖИМИ, ПРИВЪРЗАНИ КЪМ НАПУКАНИ КОЛЕКТОРИ

*Васил Балинов, Ефросима Занева-Добранова, Марияна Дончева*

*Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", София 1700; geoenergy@mgu.bg*

**РЕЗЮМЕ.** Съвременните подходи за оценка на нефтоотдаването на пласта се основават на физичната същност на механизма и кинетиката на процесите, съпътстващи разработването на въглеводородните акумулации. Тяхното прогнозиране предполага детайлно познаване на специфичните особености и конкретните показатели на резервоарните системи, както и на ролята и значимостта на многообразните фактори, върху характера на тези процеси. За условията на нефтените находища, привързани към напукани колектори тези фактори се свеждат основно до: модела на вместващото пространство; флуидонаситеността на различните типове празнини и тяхната взаимосъобщаемост; поведението на пластовата енергия; очакваните фазови превръщания на въглеводородната система, хетерогенната молекулна природа на скалната повърхност и др. Определяща роля има моделът на вместващия обем, съгласно който продуктивният хоризонт съдържа две относително автономни и същевременно взаимодействащи помежду си системи – пукнатинна и матрична. Те се характеризират с принципно различен механизъм на извличане на нефта. В настоящата работа се разглеждат само част от тези проблеми, свързани с механизма на нефтоизвличането при находища с водонапорен режим, привързани към напукани колектори и с различна степен на съхраняване на пластовата енергия.

## CHARACTERISTICS OF THE OIL-RECOVERY FROM DEPOSITS WITH WATER-PRESSURE REGIME, BOUNDED TO FRACTURED RESERVOIRS

*Vasial Balinov, Efrosima Zaneva-Dobranova, Mariana Doncheva*

*University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Sofia 1700; geoenergy@mgu.bg*

**ABSTRACT.** The contemporary approaches for appraisal of the oil-recovery are based on the mechanism and the kinetics of the processes, attending the exploitation of the hydrocarbon accumulations. The prognosis of the character of these processes supposes detail knowledge of the specific characteristics and the concrete reservoir systems' parameters and of the role and the significance of variable factors. For the conditions of the oil deposits, bounded to the fractured reservoirs, these factors reduce mainly to: the model of the capacity space; the fluid-saturation of the different types of hollows of their interaction; the behaviour of the layer energy; the expected phase transformation of the hydrocarbon system, the heterogeneous molecule nature of the rock surface, etc. Of a great importance is the capacity volume, according to which the productive horizon contains two relatively independent and in the same time interacting systems – fractured and matrix ones. They are characterised on principle by different mechanism of oil-recovery. In the present work only a part of these problems are examined. They are connected to the oil-recovery mechanism in deposits with water-pressure regime, bounded to fracture reservoirs and with different degree of the layer energy preservation.

### Въведение

Проблемът за извлекаемостта на въглеводородните ресурси от земните недра има важно теоретично и практическо значение. Той има различни аспекти: геоложки, физични, физико-химични, технологични. Детайлното познаване на конкретните природни условия и факторите, обуславящи характера на процесите, представлява важна предпоставка за правилното им тълкуване и прогнозиране. Това създава определени възможности за контрол и управление на отделни елементи от тези процеси, с цел повишаване на извлекаемостта на въглеводородните ресурси.

В настоящата работа се разглеждат само част от посочените проблеми. Те касаят физичните и физико-химичните аспекти на нефтоизвличането при находища с водонапорни режими, привързани към напукани природни колектори. Част от посочените проблеми са били предмет

и на други изследвания на авторите (Балинов, 2002; Балинов, Занева-Добранова, 2002).

### Обща схема на флуидоизвличането

Детайлното изучаване на механизма и кинетиката на процесите, съпътстващи извличането на въглеводородните флуиди, при различни природни условия, предполага дефинирането на по-обща, принципна схема на флуидоизвличането, за условията на напуканите естествени среди към които са привързани въглеводородните акумулации.

Съгласно съвременните представи, пукнатинната и матричната системи, представляващи основни елементи на модела на напуканите продуктивни пластове, се характеризират с принципно различни условия на извличане на въглеводородните флуиди:

- извличането на флуидите от високопроводящата пукнатинна система се осъществява в резултат на пластовата енергия и реализираните градиенти на налягането;
- извличането на въглеродородните флуиди от слабопроницаемата матрична система се извършва под действието на други сили (капилярни, еластични, капилярно-еластични, вътрешнопластови депресии и др.), чиято природа е твърде различна.

Специфичните особености на природните условия за конкретните резервоарни системи и въглеродородни акумулации, обуславят значително многообразие на отделни елементи от механизма на извличането на въглеродородните флуиди от двете системи. Познаването на тези условия и на влиянието им върху механизма на процесите предоставя възможности за прогнозиране, контрол и управление на някои елементи от тези процеси за повишаване извлекемостта на въглеродородните ресурси.

## **Особености на нефтоизвличането при водонапорни режими (изтласкване на нефта с вода)**

### **Активно-водонапорен режим**

Единствения източник на пластова енергия при този режим е хидродинамичния напор на пластовите води. Поведението на основните показатели на разработката на залежите, които определят характера на процесите, съпътстващи нефтоизвличането е както следва: 1) запазване на пластовата енергия (постоянно пластово налягане) през целия период на разработването; 2) непроменящо се налягане на насищане на нефт с газ, което е по-ниско от пластовото налягане (отсъстват условия за отделянето на свободен газ); 3) постоянен експлоатационен газов фактор, който е равен на пластовия; 4. относително постоянство на физичните свойства на нефта; 5. неравномерно движение на водонефтения контакт.

В съответствие с общата схема на нефтоизвличане, движението на нефта към експлоатационните сондажи, в резултат на реализираните градиенти на налягането, се осъществява по пукнатинната система, до максимално извличане на нефта от нея (коэффициентът на нефтоизвличане най-често превишава 90%). На определен етап от разработването на залежите настъпва процес на оводняване на продукцията на сондажите, който протича с нарастващи темпове. Високата степен на извлекемост на нефта от пукнатинната система е обусловен от благоприятните условия на дрениране на продуктивните хоризонти, високия филтрационен потенциал на пукнатините и неголямата роля на неблагоприятни фактори (ниски стойности на капилярното противоналягане, отсъствие на газ в свободно състояние, запазване на относително високи фазови проницаемости по отношение на нефта и др.).

Показателите на пукнатинната система оказват определено влияние върху характера на процесите и степента на извлекемост на нефта от нея. Различната размерност и пространствените взаимоотношения между пукнатините предполагат различни скорости на изтласкване от тях, което създава условия за неравномерно придвижване на водонефтения контакт. Определена негативна роля имат капилярните процеси, които допълнително забавят изтласкването в микропукнатините. Независимо от тези негативни фактори, извлекемостта на нефта от пукнатинната система е висока (над 90%).

Извличането на нефта от слабопроницаемата матрична система, която най-често съдържа основната част от ресурсите, е слабо ефективен процес, който протича след началото на оводняването на пукнатинната система.

Основната, а най-често единствена движеща сила е самопроизволното капилярно проникване на пластовата вода, която се съдържа в оводнените пукнатини. Този процес се контролира от молекулната природа на скалната повърхност, нефтонаситеността и размерите на порните канали на матричната система. Те определят посоката и интензитета на капилярните сили. Дори и при най-благоприятни условия, коефициентът на извлекемост на нефтените ресурси рядко превишава 10%. При определени условия, след извличането на нефта от пукнатинната система, е възможно допълнително извличане на нефта от матричната система, в резултат на реализиране на вътрешнопластови депресии при форсиран режим на добив на течност от сондажите. Типичен представител на разглеждания тип въглеродородни акумулации е Тюленовското газо-нефтено находище.

### **Еластично-водонапорен режим**

Основен източник на природна енергия са еластичните свойства на пластовата система. В зависимост от нейните мащаби, темповете на намаляване на пластовата енергия са различни във времето. На определен етап от разработването на находищата, към общия енергиен баланс се добавя енергията на разтворения газ и евентуално на новоформираната газова шапка. Поведението на основните показатели на разработката на находищата е както следва: 1) намаляваща с различни темпове пластова енергия (намаляване на пластовото налягане); 2) началното налягане на насищане е по-ниско от пластовото; 3) първоначално постоянен експлоатационен газов фактор (равен на пластовия), а след достигане на налягането на насищане – нарастване на неговата стойност; 4) изменение на физичните свойства на нефта при преминаване на разтворения газ в свободно състояние; 5) фазови трансформации на въглеродородната система след достигане на началното налягане на насищане; 6. неравномерно движение на водонефтения контакт.

От гледна точка на механизма на нефтоизвличането при разработването на въглеродородните акумулации от този тип, могат да бъдат отделени два периода: 1. период на намаляване на пластовото налягане до налягане на насищане; 2. период на продължаващо намаляване на

пластовото налягане под началното налягане на насищане.

През първия период се осъществява процес на внедряване на поднефтените води и изтласкване на нефта от пукнатинната система. Ефективността на този процес зависи от мащабите на пластовата енергия (респективно от интезитета на нейното изтощаване). Изтласкването протича с нееднаква скорост в различните по размер и пространствено положение пукнатини, което създава условия за изпреварващо движение в зоните с повишени филтрационни свойства (макропукнатините). По-ниските скорости на изтласкване в микропукнатините, в определена степен са в резултат и от отрицателната роля на капилярните процеси. Най-често капилярните сили са противоположни на външните движещи сили, поради преобладаващата хидрофобност на стените на микропукнатините. На определен етап настъпват процеси на частично оводняване, които се развиват с нарастващи темпове.

Продължителността на първия период и степента на дренiranje (оводняване на пукнатинната система) зависят от темповете на изтощаване на пластовата енергия (времето за достигане на началното налягане на насищане) и абсолютната стойност на налягането на насищане. При благоприятно съчетание на тези фактори е възможно пълно дренiranje на пукнатинната система (извличане на основните нефтени ресурси от нея – над 90%) преди настъпване на втория период на разработването на находищата.

Принципно, характерът на процесите на нефтоизвличането от пукнатинната система през първия период, е аналогичен на този при находища с активно-водонапорен режим.

Вторият период започва с началото на дегазацията на пластовия нефт (формиране на дисперсна система). При наличието на ефективен напор на поднефтените води, енергията на отделящия се газ не стимулира, а по-скоро възпрепятства процесите на изтласкване на все още неизвлечения нефт от пукнатинната система. Първоначално отделящата се в дискретно състояние газова фаза (под формата на малки мехурчета) се движи свободно в пукнатините, заедно с нефтената фаза, под влияние на нефта на поднефтените води. Много бързо обаче газовите мехурчета увеличават своя обем. При контакта им със стените на пукнатините се проявяват многочислени капилярни ефекти. Те възпрепятстват движението на нефта, до пълното му преустановяване в микропукнатините. При по-нататъшното увеличаване на обема на газовата фаза, тя става подвижна, но намалява рязко фазовата проницаемост по отношение на нефтената фаза. При определени условия (слабоефективен напор на пластовите води и формиране на трифазна система – нефт-газ-вода) е възможно преустановяване на движението и самозаглушаване на сондажите. Това води

до намаляване степента на извлекаемост на нефта от недренираните през първия период пукнатини. Типичен в това отношение пример е Селановското нефтено находище.

Механизмът на извличане на нефта от матричната система има редица общи черти и същевременно се характеризира с някои особености в сравнение с разглеждания при активно-водонапорен режим. И тук основна роля имат капилярните процеси, ефективността на които се определя от молекулната природа на твърдата повърхност, нефтонаситеността, структурата на порните канали и др. Определено влияние оказва отделящия се свободен газ, при достигане на условията на дегазация на нефта в матричната система. От една страна газовите мехурчета, увеличавайки своя обем, способстват изтласкването на част от нефта към пукнатинната система. Същевременно, развиващото се капилярно противодействие възпрепятства проникването на вода в матрицата.

Положително влияние върху нефтогазоизвличането оказват някои специфични движещи сили, характерни за условията на изтощаване на пластовата енергия – *вътрешнопластовите депресии* и *еластичните свойства* на матричната система.

Вътрешнопластовите депресии са резултат от различните темпове на спадане на пластовото налягане в пукнатинната и матричната система. Поради това между двете системи се формира нарастваща във времето депресия, което създава условия за “изтичане” на част от нефта към пукнатините, преди началото на дегазацията му.

В условията на ненамаляващо пластово налягане се проявяват еластичните свойства на матричната система, което е предпоставка за извличане на допълнителни количества нефт, еквивалентни на еластичния ресурс. И в двата случая дегазацията на нефта оказва отрицателно влияние върху подвижността на нефта в условията на трифазна флуидна система и проявяващи се капилярни ефекти. В хода на разработването на находищата от разглеждания тип посочените движещи сили се проявяват едновременно, с различен и променлив интензитет, но като краен резултат степента на извлекаемост от матричната система е ниска и едва ли превишава 10%.

## Литература

- Балинов, В. 2002. Физични аспекти на разширяването на Чиренското газово хранилище. – *Геол. минер. ресурси*, 1, 2-6
- Балинов, В., Е. Занева-Добранова. 2002. Физични аспекти на нефтоотдаването при находища от селановски тип. – *Год. МГУ, Геол.*, 45, 101-103.