

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В СВЯЗИ С ГЕОЛОГИЧЕСКИМ МОДЕЛИРОВАНИЕМ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ

Проведен детальный анализ существующих технологий моделирования, выявлены корреляционные связи между литолого-петрофизическими, гидродинамическими и геофизическими параметрами моделирования флюидных систем. Отмечается оптимальность и обоснованность базовых единиц моделирования: гидравлической единицы потока и комплексного параметра. Уточнены причины неоднородности коллекторов, выявлено влияние глинистости, типа глин и гранулометрического состава на комплексный параметр.

A detail analysis of existing geological modeling technologies is made and correlations between parameters in simulation of lithological-petrophysical, hydrodynamic and geophysical fluid systems are revealed. Optimal character and feasibility of basic modeling units – the hydraulic unit of the flow and the complex parameter – are noted. Causes of collectors heterogeneity are specified. The influence of shaliness, the type of the shale and the grain-size structure on the complex parameter is specified.

Эффективность разработки месторождений углеводородов в значительной степени зависит от совершенства геологической модели месторождения. В настоящее время нет единого подхода к содержанию таких моделей. Чаще всего используются статические модели, включающие в себя ряд петрофизических уравнений и зависимостей. Оптимальная для стадии разведки месторождения, такая модель не адекватна задачам его разработки, в процессе которой изменяется гидродинамическое состояние месторождения.

Современные геологические модели предполагают ячеистую структуру месторождения в отношении фильтрационно-емкостных свойств коллектора. Поэтому целесообразно в качестве базового элемента моделирования принять параметр, интегрирующий в себе пористость и проницаемость коллектора. В качестве такого параметра принят индикатор гидравлической единицы FZI (Flow zone indicator),

предложенный зарубежными учеными.* Гидравлическая единица потока HU имеет смысл фильтрационно-емкостной неоднородности коллектора и в наибольшей степени соответствует ячеистой модели месторождения.

Комплексный параметр гидравлической единицы потока

$$FZI = 0,0314 \frac{1-\varphi}{\varphi} \sqrt{k/\varphi},$$

где φ – коэффициент эффективной пористости; k – проницаемость, мД.

Судя по уравнению Козени – Кармена, FZI зависит от таких свойств коллектора, как форма сечения и извилистость поровых каналов, удельная поверхность фильтрующих пор. Обоснованность применения FZI и HU для описания модели месторождения

* Белозеров В.Б. Роль геологической модели в наращивании извлекаемых запасов нефти / В.Б.Белозеров, А.В.Рязанов // Проблемы и перспективы развития минерально-сырьевого комплекса и производительных сил Томской области. Новосибирск, 2004. С.15-17.

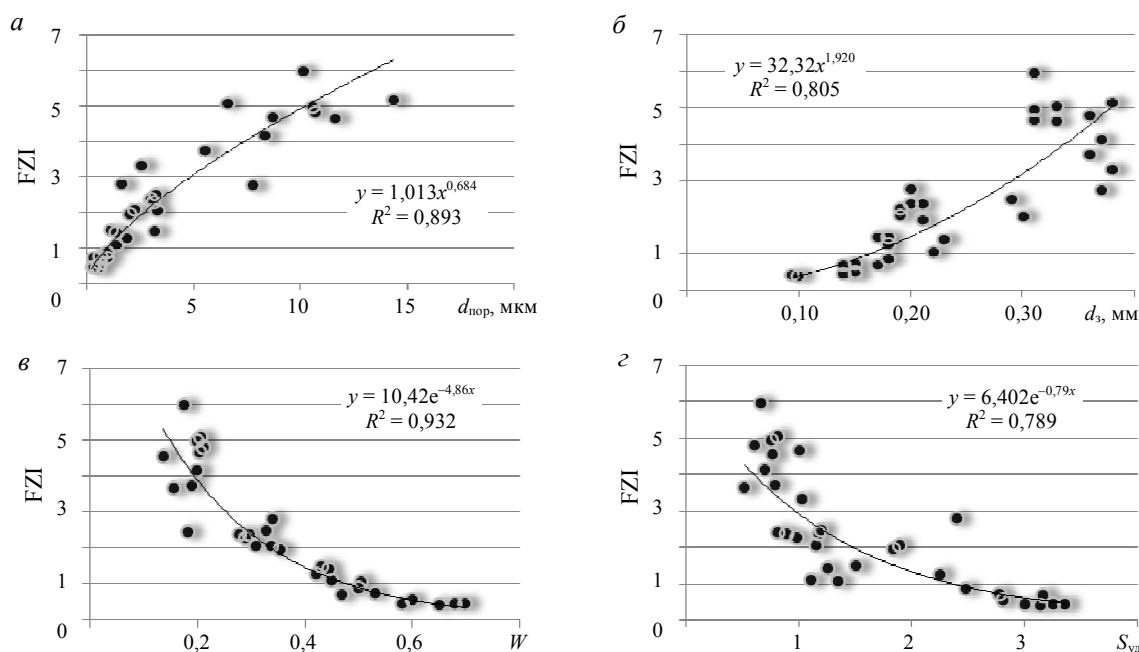


Рис.1. Связь между комплексным параметром FZI и литолого-петрофизическими свойствами коллектора пласта Ю1 Крапивинского месторождения

$d_{\text{пор}}$ и d_z – диаметр поровых каналов и скелетных зерен соответственно; W – остаточная водонасыщенность; $S_{\text{уд}}$ – удельная поверхность поровых каналов

была изучена в научно-образовательном центре при Томском политехническом университете. В ходе этого исследования было сделано значительное количество лабораторных измерений, нуждающихся в более детальном анализе, в том числе и с геофизической точки зрения. Автором выполнен анализ литологических, петрофизических и геофизических материалов по пласту Ю1 Крапивинского нефтяного месторождения (Западная Сибирь). Индикатор гидравлической единицы, судя по результатам корреляционного анализа, имеет тесные связи с литолого-петрофизическими и гидродинамическими свойствами коллектора (рис.1) и потому четко характеризует его качество. При увеличении размера пор и размера зерен растет и индикатор гидравлической единицы. При увеличении удельной поверхности, т.е. при повышении содержания тонко- и мелкозернистых фракций, параметр FZI уменьшается, что проявляется и в корреляционной зависимости FZI от содержания в породе связанной воды.

Изучение зависимостей параметра FZI от гранулометрического состава породы-

коллектора показало, что значения комплексного параметра увеличиваются вместе с содержанием зерен большего размера. Выделены два основных класса зерен (0,05-0,1 и 0,25-0,5 мм), которые наиболее тесно связаны с параметром FZI, и, следовательно, оказывают определяющее влияние на фильтрационно-емкостные свойства коллектора изучаемого пласта.

Влияние глинизации коллектора на величину комплексного параметра неоднозначно и зависит от типа глин (их поверхностной активности). Выявлены отрицательные связи FZI с содержанием в породе хлорита и гидрослюды – глин с высокой поверхностной активностью, и положительные – с содержанием каолинита. Такой характер зависимостей объясняется тем, что в коллекторах, представленных средне-мелкозернистыми песчаниками, как правило, развивается каолинит, а в алевролитистых песчаниках – хлорит и гидрослюды. Иными словами, прямая зависимость комплексного параметра от содержания каолинита является косвенной и обусловлена как развитием этого типа глин в лучших

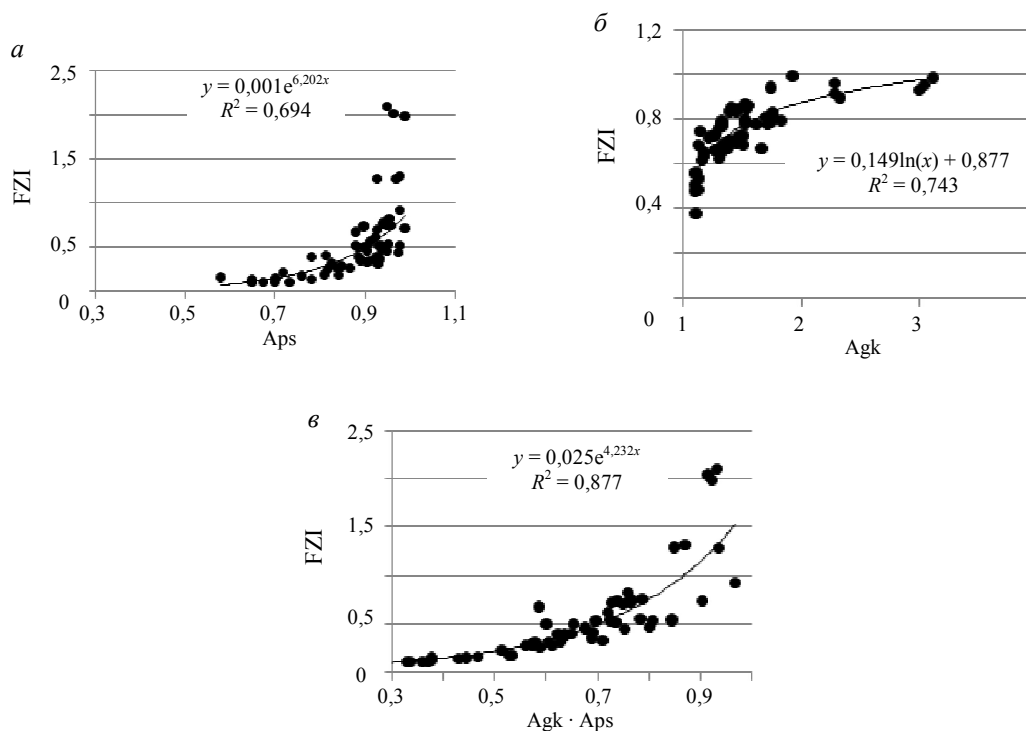


Рис.2. Корреляционные зависимости между FZI и геофизическими параметрами пласта Ю1 Крапивинского месторождения

коллекторах, так и низкой поверхностной активностью каолинита, что подтверждается установленными обратными связями между содержанием каолинита и остаточной водонасыщенностью коллектора.

Выявлена возможность и разработана технология оценки типа глин по геофизическим данным*. Она построена на выделении классов глин с использованием методов самопроизвольной поляризации (ПС), естественной радиоактивности (ГК), нейтронного каротажа по тепловым нейтронам (НКТ) и их производных.

Комплексный параметр FZI имеет тесные корреляционные связи с показаниями геофизических методов, нормированными по отношению к эталонным песчаным и

глинистым пластам (рис.2). Комплексный параметр тесно связан с нормированными показателями методов ПС (Aps) и ГК (Agk), но наиболее информативной является мультипликативная комбинация $Aps \cdot Agk$.

Выявленные взаимосвязи позволяют использовать геофизические методы для непосредственного определения комплексного параметра гидравлической единицы потока – базового параметра геологического моделирования и, следовательно, оптимизировать сам процесс моделирования. Это тем более важно, что геофизические исследования в скважинах сопровождают изучение месторождений углеводородов на всех стадиях, практически в режиме мониторинга, и для геологического моделирования можно использовать, в том числе, и результаты уже проведенных геофизических наблюдений.

* Белозеров Б.В. Изучение остаточной водонасыщенности терригенных коллекторов геофизическими методами // Проблемы геологии и освоения недр. Томск: Изд-во ТПУ, 2006. С.276-279.

Научный руководитель доц. Г.Г.Номоконова