



АЛГОРИТМЫ ПРОГНОЗА ЗОН РАЗУПЛОТНЕНИЯ И ПОВЫШЕННОЙ ГИДРОПРОВОДНОСТИ НА НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

С. В. Зими́на, А. В. Леонтьев, В. А. Останин, В. Е. Пешков, Е. В. Пугачев

Проведен анализ статистических данных по месторождениям Западной Сибири, выявлены корреляционные зависимости между тектоническими параметрами и ФЕС. Предложена методика обоснования системы заложений скважин на основе прогноза зон разуплотнения. Проведено сопоставление зон разуплотнения, зон прогнозируемой повышенной гидропроводности и разрывных нарушений, выделяемых по временным разрезам, сделан вывод о высокой степени соответствия результатов, получаемых разными методами. Создан программный продукт, реализующий функциональность прогноза зон повышенной гидропроводности и зон разуплотнения, с возможностью удаленной работы через Интернет. На основе опытной апробации обоснована возможность разработки метода подсчета запасов по картам гидродинамических параметров, альтернативного существующим методам.

Ключевые слова: тектоника, зоны нефтегазоаккумуляции, прогноз зон разуплотнения, прогноз зон повышенной гидропроводности, разрывные нарушения, методы подсчета запасов.

FORECASTING ALGORITHMS OF DISINTEGRATION AND HIGHER HYDRAULIC CONDUCTIVITY ZONES IN OIL AND GAS FIELDS OF WEST SIBERIA

S. V. Zimina, A. V. Leontyev, V. A. Ostanin, V. E. Peshkov, E. V. Pugachev

Statistical data on West Siberia fields have been analyzed. A correlation of tectonic and filtration-capacity parameters is revealed. A technique for substantiating a well location system on the basis of disintegration zones forecasting is proposed. Zones of disintegration, predicted higher hydraulic conductivity and rupture dislocations distinguished in time sections are compared. A software implementing the functionality of the forecasting zones of higher hydraulic conductivity and disintegration zones is developed. It makes possible a remote work by the Internet. Development of a method of reserves estimation by hydrodynamic characteristics maps which is alternative to the existing methods is justified on the basis of an evaluation test.

Keywords: tectonics, oil-and-gas accumulation zones, forecasting of disintegration zones, forecasting of higher hydraulic conductivity zones, rupture dislocations, methods of reserves estimation.

Актуальность настоящей работы обосновывается ограничением количества выделенных антиклинальных ловушек нефти и газа, а также необходимостью оптимизации разработки месторождений (особенно в негранулярных коллекторах) и развития методики подсчета запасов по сравнению с объемным методом и методом материального баланса. История изучения влияния тектонического критерия на фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС) описана в работах [1–7, 9].

В задачи исследования входила разработка:

- 1) методики прогноза вертикальных зон разуплотнения, являющихся путями миграции УВ;
- 2) методики выделения перспективных объектов в зонах, где разрешающая способность сейсморазведки ниже минимальной (как, например, пропластки известняков толщиной 2–3 м аблакской свиты Краснотеннинского свода, отложения баженовской свиты Салымского свода);
- 3) методики проектирования системы заложения скважин сложнопостроенных гранулярных коллекторов;
- 4) автоматизированного комплекса алгоритмов, позволяющего не только выявлять особен-

ности тектонического развития территории, но и проследить вертикальные и линейные зоны разуплотнения и зоны повышенной гидропроводности.

В ТФ ФГУП «СНИИГГиМС» разработан методический подход выделения вертикальных зон разуплотнения, основанный на комплексировании авторских алгоритмов дополнительной обработки геолого-геофизических данных. По результатам многочисленных исследований установлено, что вертикальные зоны характеризуются:

- 1) инверсионным развитием структурных планов (программный комплекс (ПК) «Система расчета интегральной меры интенсивности тектонических движений», авторы к. г.-м. н. С. В. Зими́на, В. А. Останин и др.; свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2009615248);
- 2) аномально пониженной энергией и амплитудой отраженной волны на временных разрезах (ПК «Энергосейс», «Area Builder», «АИК», авторы к. г.-м. н. Г. И. Тищенко и Н. В. Сысолятин, к. ф.-м. н. Д. Ю. Степанов, В. И. Кукушкин);
- 3) наличием вторичных высокопроводящих минералов, дающих ложноотрицательный про-

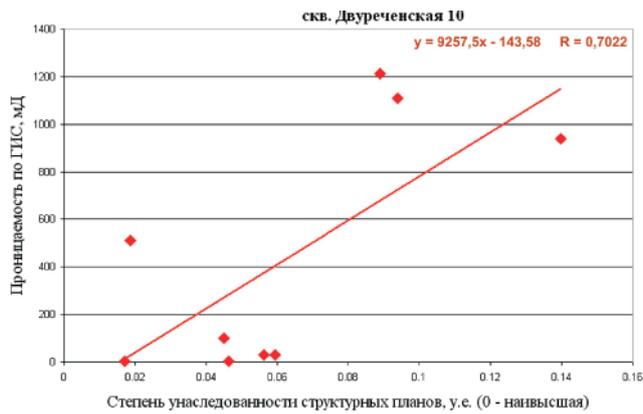


Рис. 1. Зависимость проницаемости от степени унаследованности структурных планов (Двуреченское месторождение)

гноз насыщения УВ, – низкоомный коллектор (ПК «Real Collector», автор к. г-м. н. И. А. Мельник);

4) высокими значениями механического напряжения каркаса горных пород, приводящими к повышению уровня микросейсм, фиксируемых до первого вступления (ПК «SAM», автор д. г-м. н. Г. В. Ведерников).

Параллельно к. г-м. н. профессором ТПУ В. Е. Пешковым разрабатывалась методика количественного прогноза гидродинамических параметров (ПК «Балансгидродинамик», свидетельство о государственной регистрации программы

для ЭВМ № 2009612364). Полученные результаты комплексировались в рамках различных исследований. Показано, что зоны повышенной гидропроводности связаны с зонами вертикальной миграции УВ.

Для прогноза зон инверсионного развития структурных планов изучаемым параметром являются нормированные от 0 до 1 мощности в последовательности стратиграфических интервалов геологического разреза в каждой точке x, y .

Предполагается, что при унаследованном развитии вертикальных зон разуплотнения возникать не может, поскольку стратиграфические поверхности испытывают монотонное выполаживание; соответственно, разрывов сплошности поверхностей не образуется. Математически это означает, что мощности вышележащих интервалов линейно зависят от мощностей нижележащих, причем первый коэффициент отвечает за выполаживание вышележащей поверхности, второй – за изменение мощности. При приблизительно равных интервалах и при большом количестве интервалов вторым коэффициентом можно пренебречь. Положение точки в палеорельефе можно оценить с помощью процедуры нормирования от 0 (верхняя точка палеорельефа) до 1 (нижняя точка палеорельефа). По совокупности интервалов можно оценить, как двигались блоки осадочного

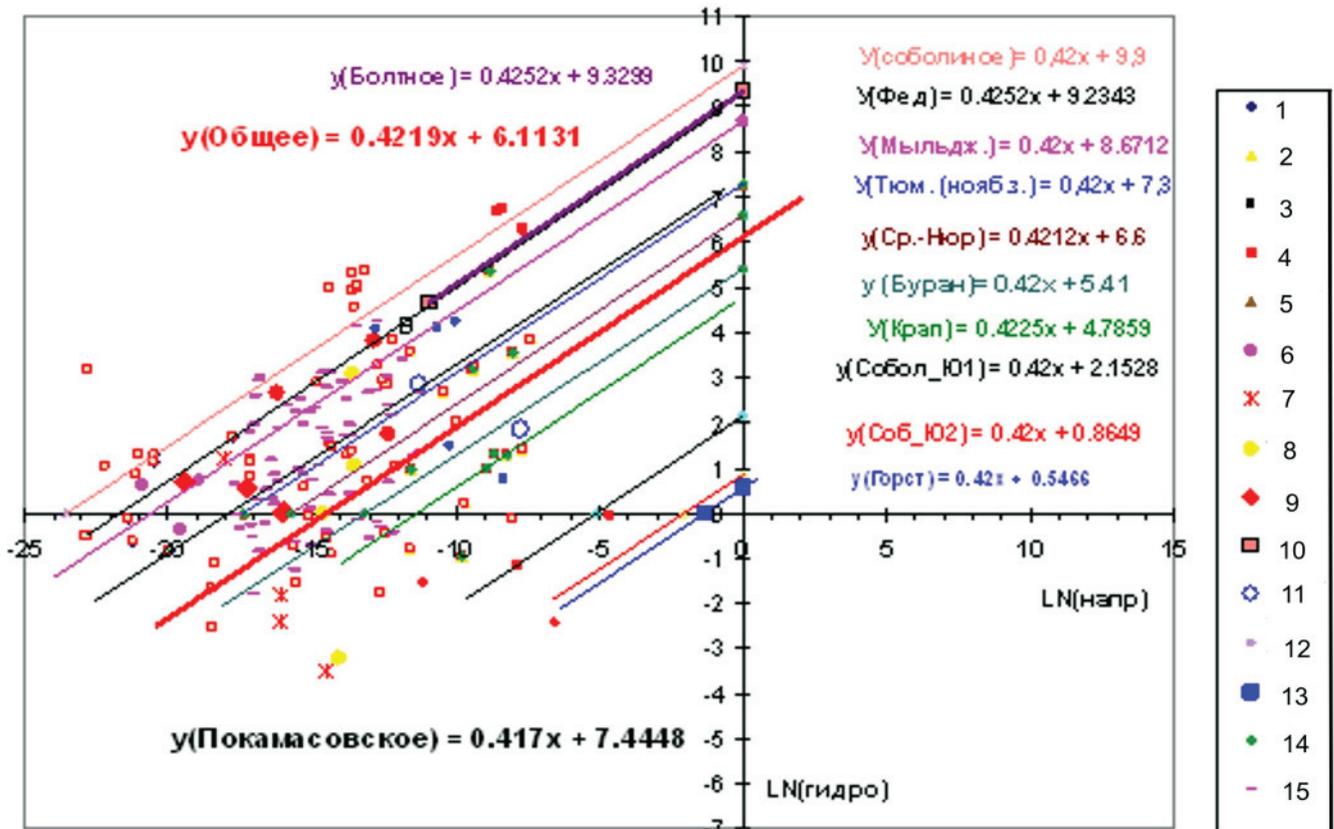


Рис. 2. Графики логарифмической зависимости напряжения горных пород и гидропроводности по группе месторождений Томской и Тюменской областей

Месторождения: 1 – Федюшкинское, 2 – Крапивинское, 3 – Южно-Охтеурское, 4 – Соболиное, 5 – Тюм (Ноябрьская зона), 6 – Мыльджинское, 7 – Шингинское, 8 – Нюрольское (ряд), 9 – Пуглалымское, 10 – Болтное, 11 – Линейное + Вартовское, 12 – Буран-Тюм (ф2), 13 – Горстовое, 14 – Общее, 15 – Покамасовское

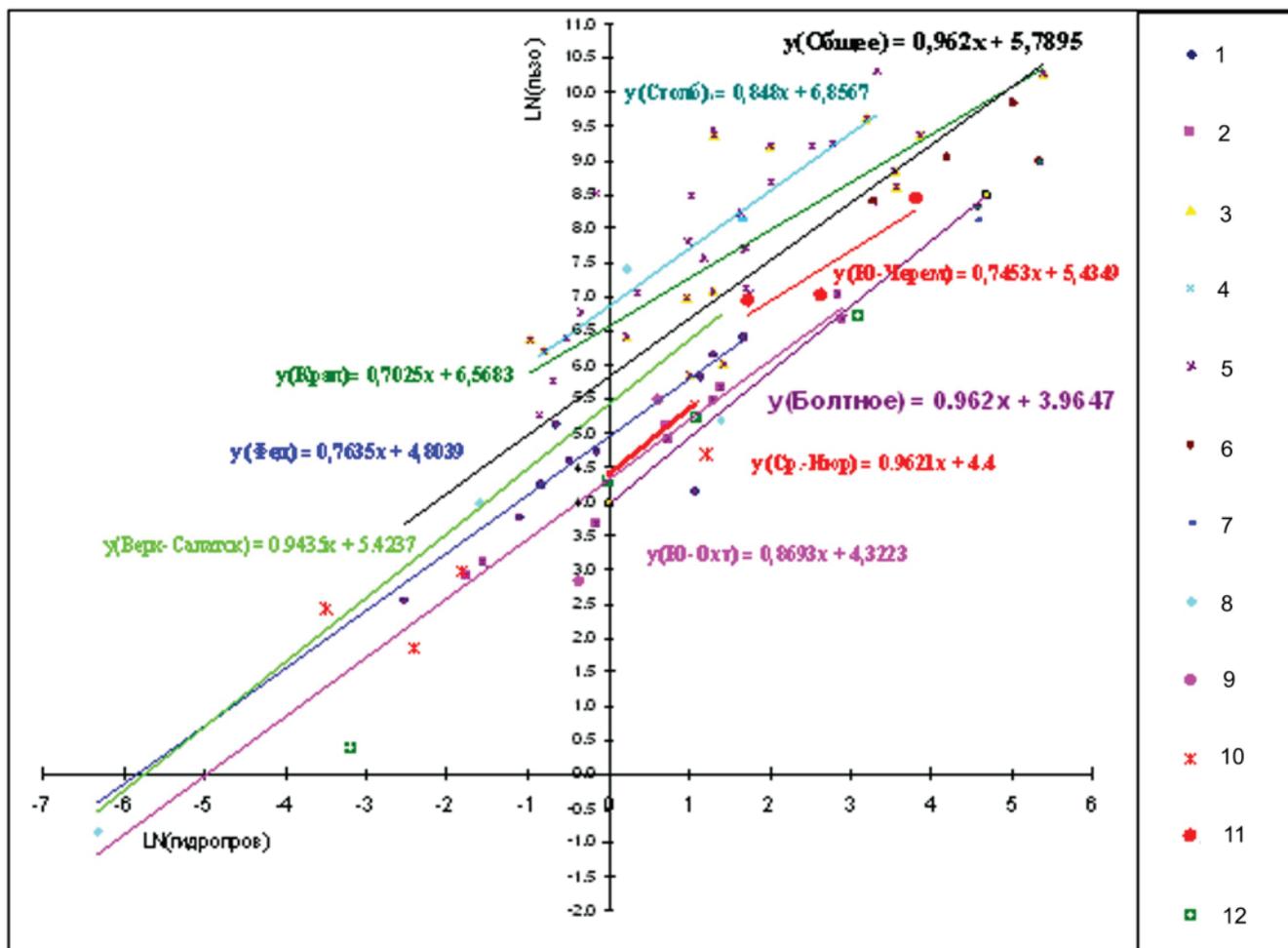


Рис. 3. График логарифмической зависимости пьезопроводности и гидропроводности по группе месторождений Томской и Тюменской областей

1 – Федюшкинское, 2 – Южно-Охтеурское, 3 – Крапивинское, 4 – Столбовое, 5 – Общее, 6 – Гуларинское, 7 – Болтное, 8 – Верхнесалымское (Ю1), 9 – Мыльджинское, 10 – Шингинское, 11 – Южно-Черемшанское, 12 – Средненюрольское

чехла относительно друг друга. Если положение точки в рельефе не изменяется, значение разброса (дисперсии) точки в палеорельефе по всем интервалам должно быть близко 0.

При движении блоков осадочного чехла относительно друг друга изменяется мощность интервалов в этих блоках, соответственно, возрастает значение прогнозного параметра. Для зон развития площадной трещиноватости оно может достигать 0,15–0,17.

Для обоснования прогноза следует сначала рассчитать значения прогнозного параметра по скважинным данным, сделать начальные выводы о распространении зон разуплотнения по площади работ и оценить величины прогнозного параметра по разным участкам площади работ, сопоставить полученные данные с результатами испытания скважин. На основании настоящих исследований значение прогнозного параметра 0,17 можно считать эталонным.

На этапе площадного прогнозирования развития зон разуплотнения используются данные сейсморазведки МОГТ 2D, 3D в виде сеточных функций реальных или временных мощностей.

Расчет производится в программном комплексе «Система расчета интегральной меры интенсивности тектонических движений» (<http://grrproject.ru/tectonic>). Данный программный комплекс имеет веб-интерфейс, позволяющий пользоваться им удаленно. Для расчета сеточная функция экспортируется в формат *.csv с помощью программного комплекса Golden Software Surfer любой версии. Обработать можно двумя способами: небольшие файлы загружаются через веб-интерфейс, файлы больше 2 кБ загружаются по протоколу ftp. Файл – источник данных представляет собой таблицу со столбцами, разделенными запятыми, вида:

$x, y, \{ \text{мощность } 1 \}, \{ \text{мощность } 2 \}, \dots, \{ \text{мощность } n \}.$

Количество столбцов неограниченно, но они должны быть упорядочены слева направо по возрастанию для временных мощностей глубин и справа налево по возрастанию для абсолютных отметок.

Полученные в результате расчета файлы *.csv для построения прогнозных карт загружаются в Golden Software Surfer. Пример зависимости проницаемости от степени унаследованности



и при известном угловом коэффициенте определить значение свободного члена A и по рассчитанным на основании сейсмических материалов значениям параметра W в формате *.grd построить карты гидродинамических параметров для введенной в разведку площади.

Для расчетов по данному алгоритму также используется программный комплекс с веб-интерфейсом. Формат входящего файла аналогичен используемому при расчетах по первому методу (<http://grproject.ru/tectonic>), один файл может быть использован для расчетов по двум методам. Пользователь имеет возможность выбрать отражающий интервал, ограничивающий стратиграфический интервал, по которому производится прогноз.

Сопоставление разрывных нарушений и зон повышенной гидропроводности приведено на рис. 4.

ВЫВОДЫ

В результате настоящего исследования сделаны следующие выводы:

1) на основании статистического анализа мощностей и расчета напряженности каркаса горных пород вполне возможно прогнозировать ФЭС, проектировать систему заложения скважин, в результате повысить коэффициент извлечения нефти месторождений нефти и газа;

2) прогнозные параметры, получаемые данными методами, можно использовать для альтернативного метода подсчета запасов (гидропроводность, разделенная на пьезопроводность, равна по размерности плотности запасов);

3) практическое применение разработанного алгоритма на ряде месторождений Западной Сибири позволило заложить скважины на ловушках в точках, где их дебиты в 10–20 раз превышали средние значения; в частности, зоны разуплотнения, выделенные в неструктурных условиях, позволили открыть Приразломное нефтяное месторождение;

4) при разведке нефтяных залежей на Большом Салыме скважины в зонах разуплотнения фонтанировали с начальными дебитами до 700 м³/сут (как и 2–3-метровые карбонатные пропластки пластов абалакской свиты Красноленинского свода, где из Водораздельной скв. 629 получен начальный дебит 120 м³/сут, хотя на данной площади не фиксировались дебиты более 20 м³/сут).

Эти результаты позволяют включить настоящую методику в регламент проектирования геолого-разведочных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Белоусов, В. В.** Изучение мощности отложений как метод геотектонического анализа и приложения этого метода к исследованию верхнеюрских и нижнемеловых отложений Кавказа [Текст] / В. В. Белоусов // Проблемы советской геологии. – 1937. – № 2. – С. 121–140.

2. **Белоусов, В. В.** Мощность отложений как выражение режима колебательных движений земной коры [Текст] / В. В. Белоусов // Сов. геология. – 1940. – № 2–3. – С. 14–28.

3. **Гарецкий, Р. Г.** Тектонический анализ мощностей [Текст] / Р. Г. Гарецкий, А. Л. Яншин // Методы изучения тектонических структур. – М., 1960. – С. 115–166.

4. **Геология** нефти и газа Западной Сибири [Текст] / А. Э. Конторович, И. И. Нестеров, Ф. К. Салманов [и др.]. – М.: Недра, 1975. – 473 с.

5. **Маркевич, В. П.** Тектонические критерии прогнозной оценки нефтегазоносности Западной Сибири [Текст] / В. П. Маркевич // Тр. ЗапСибНИГНИ. – 1973. – Вып. 70. – С. 132–136.

6. **Методы** тектонического анализа нефтегазоносных областей Западной Сибири [Текст] / Под ред. В. С. Бочкарева. – Тюмень, 1980.

7. **Оценка** нефтегазоносности по тектоническим факторам [Текст] / К. И. Микуленко, В. С. Старосельцев, А. Э. Конторович [и др.] // Тр. СНИИГМС. – 1974. – Вып. 180. – С. 150–190.

8. **Скидан, С. А.** Новое в тектоническом анализе мощностей [Текст] / С. А. Скидан, Л. М. Моржина // Геология и геофизика. – 1967. – № 11. – С. 88–97.

9. **Технико-экономическое** обоснование новой научной концепции совершенствования технологий разработки малых нефтяных месторождений [Текст] / Н. Н. Безгубова, Б. И. Велединский, А. С. Захарченко [и др.] // Перспективы обеспечения сырьевыми ресурсами топливно-энергетического комплекса Томской области / Под ред. В. Е. Пешкова. – Новосибирск, 1997. – С. 38–46.

10. **Щелкачев, В. Н.** Подземная гидравлика [Текст] / В. Н. Щелкачев, Б. Б. Лапук. – М.: Гостехиздат, 1949. – 368 с.

11. **Чекалюк, Э. Б.** Основы пьезометрии нефти и газа [Текст] / Э. Б. Чекалюк. – Киев: Гостехиздат, 1961. – 215 с.

11. **Щуров, В. И.** Влияние перфораций на приток жидкости из пласта в скважины [Текст] / В. И. Щуров. – Баку: Изд-во АзССР, 1953. – 164 с.