



УДК (553.98.041:004.032.26):528.71

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМОСНИМКОВ LANDSAT И ДАННЫХ О ВОДОНОСНОСТИ ПРИ НЕЙРОСЕТЕВОМ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МЕСТ ЗАЛОЖЕНИЯ ГЛУБОКИХ СКВАЖИН ЮРУБЧЕНО-ТОХОМСКОЙ ЗОНЫ НЕФТЕГАЗОНАКОПЛЕНИЯ

В. В. Достовалов

Рассмотрен комплексный многофакторный нейросетевой анализ двух- и трехмерных данных с использованием модифицированного алгоритма обучения в программной среде «GeolEdit» (на примере Юрубчено-Тохомской зоны нефтегазонакопления). Проанализирована возможность использования дополнительных критериев при расширении территории исследований на северо-восток (добавление Куюмбинского и Терско-Камовского участков). Рассмотрено использование неотектонических данных, полученных по космоснимкам Landsat, и информации о суммарной водоносности продуктивных горизонтов при нейросетевом прогнозировании перспективных мест заложения глубоких скважин. Приведен фрагмент нейросетевого прогноза перспективности заложения глубоких скважин (Куюмбинский участок). Выполнен анализ фондовых материалов по приточности скважин глубокого бурения, в том числе с горизонтальным окончанием ствола. Показана эффективность использования нейросетевого прогнозирования в условиях неоднородных карбонатных коллекторов для участков с высокой степенью разбуренности.

**Ключевые слова:** нейронная сеть, прогнозирование нефтегазоносности, Юрубчено-Тохомская зона, Куюмбинский участок, космоснимки Landsat.

## THE USE OF LANDSAT SPACE IMAGES AND WATER CONTENT DATA IN NEURAL NETWORK FORECASTING OF PROMISING DRILLING SITES IN THE YURUBCHEN-TOKHOMO PETROLEUM ACCUMULATION ZONE

V. V. Dostovalov

The paper considers integrated multifactor neural network analysis of 2D and 3D data with a modified training algorithm applied in the «GeolEdit» program complex (a case study of the Yurubchen-Tokhomo petroleum accumulation zone). The author analyze the possibility to use additional criteria in case of extending the territory under study toward north-east (Kuyumbinsky and Tersko-Kamovsky sites added). The author also considers the application of neotectonic data derived from Landsat space images and data on the total water content of productive intervals in neural network forecasting of promising deep drilling sites. A segment of the neural network forecast of deep well location (Kuyumbinsky site) is given. The data on the inflow of deep drilling wells including those with the horizontal borehole end are analyzed. The author proves the efficiency of the neural network forecasting under conditions of heterogeneous carbonate reservoirs for sites extensively covered by drilling.

**Keywords:** neural network, hydrocarbon localization, Yurubchen-Tokhomo zone, Kuyumbinsky site, Landsat space images.

В процессе наших работ на Юрубчено-Тохомском полигоне [2] было показано, что для успешного обучения искусственной нейронной сети (ИНС) достаточно подготовить базу данных по гравитационному и магнитному полям, математической поверхности (мы используем сеточную модель) и эрозионной расчлененности рельефа, удельной протяженности и плотности линеаментов, дешифрованных по аэрофотоснимкам, продуктивности пробуренных скважин.

В этом наборе данных большое значение имеют карты, количественно отражающие изменения плотности линеаментов различных направлений на площади исследований и смежных с ней участках. Ранее уже предпринимались попытки прогнозирования мест максимального развития трещиноватости по картам изменения плотности линеаментов. В статье [3] отмечено, что сопоставление таких карт с результатами бурения

в Юрубчено-Тохомской зоне (ЮТЗ) показало, что высокодебитные скважины имеют наиболее тесную пространственную связь с положительными аномалиями протяженности линеаментов одного из субмеридиональных направлений.

Рассмотрим результаты использования неотектонических данных и информации о суммарной водоносности продуктивных горизонтов при нейросетевом прогнозировании перспективных мест заложения глубоких скважин.

### Неотектонические данные (по космоснимкам Landsat)

При увеличении исследуемой территории на северо-восток (добавление Куюмбинского и Терско-Камовского участков) построенная автором модель (см. [2]) потребовала расширения набора признаков, используемых при прогнозировании. М. И. Баранова [1] отмечает резкие фациальные



изменения в пределах сравнительно небольшой площади Курумбинского участка (скв. Км-7, Км-12), неодинаковые условия осадконакопления в рифее и весьма сложную структурную обстановку, обусловленную, по всей видимости, проявлением байкальского тектогенеза на рубеже 800 млн лет, во время которого происходила перестройка всей осадочной толщи рифея.

Интенсивное развитие космической аппаратуры и, соответственно, качества получаемых материалов в настоящее время позволяет на новом технологическом уровне использовать данные дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) при решении обширного круга геологических задач. Это в первую очередь относится к тектонике во всех ее проявлениях (районирование, разломы, их кинематика, новейшие пликативные и дизъюнктивные деформации и др.), с которой связаны в той или иной степени нефтегазоносность отложений [4], формирование кимберлитовых трубок, рудных узлов и т. д. [5]. С. С. Худяков, В. А. Поздняков, В. Ю. Козиков подчеркивают [6], что базой для эффективного производства нефтегазопоисковых работ является комплексное использование материалов различных дистанционных и наземных геолого-геофизических методов, широкое применение ДЗЗ, и прежде всего материалов аэрофото- и космосъемки.

Очевидные преимущества ДЗЗ – значительная площадь и масштабность обзора, возможность получения многоаспектной информации о природных объектах на основе синтеза мультиспектральных, тепловых, спектрально-анализных и других каналов ДЗЗ, уникальная возможность мониторинга состояния природной среды в режиме реального времени.

Автором были выбраны многоканальные снимки Landsat из-за их информативности и доступности – их можно свободно получить в Интернете. В программном комплексе ArcGIS 9 проводилось объединение каналов, затем по полученному изображению выделялись элементы новейшей тектоники. Полученные векторные данные импортировались в ГИС «GeolEdit» [2], где ана-

лизировались статистические показатели линейной сети.

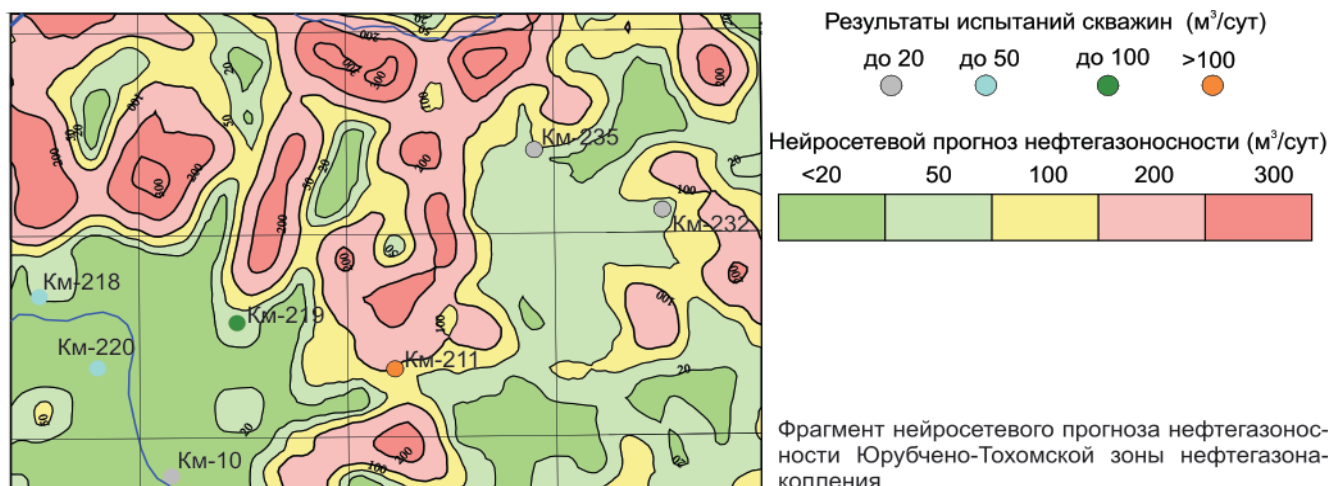
В работе [3] рассмотрен механизм формирования разрывов над границами погребенных структур. Анализ максимальных длин линейных элементов в совокупности с их отклонениями от направлений, типичных для всего изучаемого региона, позволяет сделать вывод о наличии или отсутствии на участке погребенного поднятия.

Все статистические показатели линейной сети, рассчитанные в «GeolEdit», использовались в качестве обучающих данных при построении нейросетевой модели.

### Водоносность продуктивных горизонтов как критерий отбраковки ложных аномалий

Другое важное дополнение к нейросетевой модели – использование информации о водоносности продуктивных горизонтов, полученной по результатам испытаний скважин. Так как информация представлена «точечно» (в местах заложения глубоких скважин), сначала при помощи ИНС составлялась прогнозная модель водоносности с использованием остальных дистанционных характеристик. Далее эта модель использовалась в итоговом прогнозировании перспектив нефтегазоносности в качестве дополнительного элемента признакового пространства.

Ранее при построении итоговой нейросетевой модели большое внимание уделялось тектоническим критериям [2]. В целом, построенная модель позволяла прогнозировать потенциальные ловушки в границах Юрубчено-Тохомского полигона, однако при расширении территории исследований появилось достаточно много скважин, давших приток воды, и потребовался признак, позволяющий их отбраковывать. Без учета прогноза водоносности скв. Км-232 и Км-235 оценивались как перспективные, однако привлечение этого признака понизило оценку. В то же время скв. Км-211, находящаяся юго-западнее, осталась перспективной (см. рисунок). Данные испытаний этих скважин, предоставленные ООО «Славнефть-Красноярскнефтегаз»,





подтвердили приток воды из скв. Км-232, Км-235 и фонтанный приток нефти из инт. 2525–2542 м дебитом 156 м<sup>3</sup>/сут из скв. Км-211.

Еще один, важный на взгляд автора, пример – разведочная скв. Км-220. После окончания строительства она была передана для длительного изучения горизонтального ствола в инт. 2471–2762 м с целью определения характеристик Южно-Курумбинской нефтяной залежи. За время исследования проводился отбор нефти (пробная эксплуатация). Получены следующие конечные данные: дебит нефти 36–37 м<sup>3</sup>/сут, обводненность около 20 %. За 2005 г. получено 1727,3 т нефти. Согласно нашему прогнозу (см. рисунок), место заложения этой скважины и значительная часть территории около нее малоперспективны в отношении нефтегазоносности. Такой вывод согласуется с относительно низкой приточностью скважины, даже с учетом ее горизонтального окончания.

В рамках этой работы автор не ставил перед собой цели прогнозирования эффективности заложения горизонтальных стволов, так как используемый набор признаков не позволяет решить эту задачу. Необходимо привлечение дополнительных критериев.

### Выводы

Сложность строения коллекторов нефти и газа в пределах ЮТЗ заставляет уделять особое внимание прогнозированию участков с высокой емкостью и продуктивностью до бурения дорогостоящих скважин. В статье [2] показано, что при правильном подборе дистанционных характеристик можно сделать предварительный прогноз, достоверность которого достаточна для дорогостоящих сейсмических исследований 3D, в первую очередь на наиболее перспективных участках, а не на всей исследуемой территории.

Применение ИНС в задачах прогнозирования – математически обоснованный метод комплексирования разнородных данных. Поиск скрытых закономерностей в исходных обучающих данных особенно эффективен при использовании нейросетевого подхода.

Таким образом, результаты применения новой методики могут быть использованы для це-

лесообразного и обоснованного планирования дальнейших поисково-разведочных сейсмических работ и бурения глубоких скважин.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранова, М. И. Сдвиговая тектоника Курумбинского газонефтяного месторождения (Восточная Сибирь) : Автореф. дис. ... к. г.-м. н. [Текст] / М. И. Баранова. – Новосибирск : СНИИГГиМС, 2011. – 20 с.

2. Достовалов, В. В. Обоснование рационального набора дистанционных характеристик месторождения, позволяющего оценивать до бурения скважин наиболее вероятную их продуктивность с использованием нейросетевого анализа [Текст] / В. В. Достовалов // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2012. – № 3 (11). – С. 51–55.

3. Старосельцев, В. С. Дистанционный прогноз погребенных поисковых объектов по аэрофотоснимкам [Текст] / В. С. Старосельцев, Г. Н. Кулиш // Отечественная геология. – 1996. – № 4. – С. 44–45.

4. Старосельцев, В. С. Предварительные результаты дистанционного прогноза высокочастотных трещинных коллекторов в рифейских породах Юрубчено-Тохомской зоны [Текст] / В. С. Старосельцев, Г. Н. Кулиш, И. Ю. Богатырева // Результаты работ по Межвед. регион. науч. прогр. «Поиск» за 1992–1993 гг. Ч. 1. – Новосибирск : ОИГГиМС СО РАН, 1995. – С. 96–97.

5. Хилько, А. П. Использование космических, цифровых и теневых моделей рельефа при решении вопросов неотектоники, прогноза нефтегазоносности и поисков кимберлитовых тел (на примере отдельных площадей Сибири) / А. П. Хилько // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2011. – № 2(6). – С. 19–28.

6. Худяков, С. С. Перспективы использования данных дистанционного зондирования земли и цифровых моделей местности при проведении геолого-разведочных работ на нефть и газ [Текст] / С. С. Худяков, В. А. Поздняков, В. Ю. Козиков // Пути повышения эффективности геолого-разведочных работ на нефть и газ в Восточной Сибири и Республике Саха (Якутия). – Новосибирск : СНИИГГиМС, 2006. – С. 215–218.

© В. В. Достовалов, 2014

### ДОСТОВАЛОВ Виталий Владимирович

Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, науч. сотр.

E-mail: dostovalov@sniiggims.ru

DOSTOVALOV Vitalii, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia

E-mail: dostovalov@sniiggims.ru