

DOI: [https://doi.org/10.17353/2070-5379/22\\_2015](https://doi.org/10.17353/2070-5379/22_2015)

УДК 528.77:553.98.04(470.13)

**Садов С.Л., Тарбаев Б.И.**

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера» Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук (ФГБУН «ИСЭ и ЭПС» КНЦ УрО РАН), Сыктывкар, Россия, [sadov@energy.komisc.ru](mailto:sadov@energy.komisc.ru), [b.tarbaev@mail.ru](mailto:b.tarbaev@mail.ru)

**Котик И.С.**

Институт геологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, Сыктывкар, Россия, [iskotik@geo.komisc.ru](mailto:iskotik@geo.komisc.ru)

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИСТАНЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ ЛОВУШЕК УГЛЕВОДОРОДОВ (НА ПРИМЕРЕ ЮГА УХТА-ИЖЕМСКОГО ВАЛА И ОМРА-СОЙВИНСКОЙ СТУПЕНИ)

*Для оценки перспективности двух районов юга Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции использованы результаты геологической интерпретации космических снимков. В результате дешифрирования космоснимков было выявлено 50 локальных объектов, которые выступили в качестве предсказателя наличия неоткрытых структур типа ловушка углеводородов. Вычисления показали прирост вероятности обнаружения новых ловушек примерно в 1,5 раза. Это показывает перспективность инвестирования в геологоразведочные работы на данных территориях.*

**Ключевые слова:** ловушка углеводородов, дешифрирование, космические снимки, вероятностная оценка, метод нечетких весов.

### Введение

Промышленно освоенные нефтегазоносные районы с истощёнными запасами углеводородов (УВ), но располагающие в своих границах известными объёмами прогнозных ресурсов, могут рассматриваться как резервные территории. В случае необходимости они могут быть востребованы для наращивания добычи, чтобы не прибегать к интенсификации эксплуатируемых месторождений за счёт выявления и освоения новых залежей. В этой связи оценку вероятности открытия новых перспективных объектов для перевода прогнозных ресурсов в промышленные запасы следует рассматривать как актуальную задачу. Ниже будет показано решение такой задачи методом нечётких весов на примере Ухта-Ижемского вала и Омра-Сойвинской ступени. Южные области Тимано-Печорской провинции, куда входит исследуемая территория, – наиболее старый нефтепромысловый район. За период поисково-разведочных работ наиболее крупные месторождения уже выявлены и основными объектами для воспроизводства запасов, очевидно, могут служить небольшие структуры. Естественно, на таких территориях возможность открытия новых залежей УВ значительно ниже, тем не менее, она имеется, и для принятия решения о проведении поисково-

разведочных работ её необходимо оценить. Перспективным направлением представляется применение метода нечётких весов [Тарбаев, Садов, Афонин, 2014] с использованием прямых и косвенных признаков нефтегазоносности, в том числе наличия ловушек УВ.

### **Объект исследования**

Исследуемая территория располагается в юго-западной части Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции в основном в пределах структур 2-го порядка – Ухта-Ижемского вала и Омра-Сойвинской ступени (рис. 1). Ухта-Ижемский вал представляет собой асимметричную складку северо-западного простирания, сложенную девонскими и каменноугольными породами. Восточное крыло вала осложнено восточно-тиманским разломом, посредством которого он граничит с Омра-Сойвинской ступенью. В пределах ступени мощность осадочного чехла наращивается за счёт ордовикских, силурийских и пермских отложений.

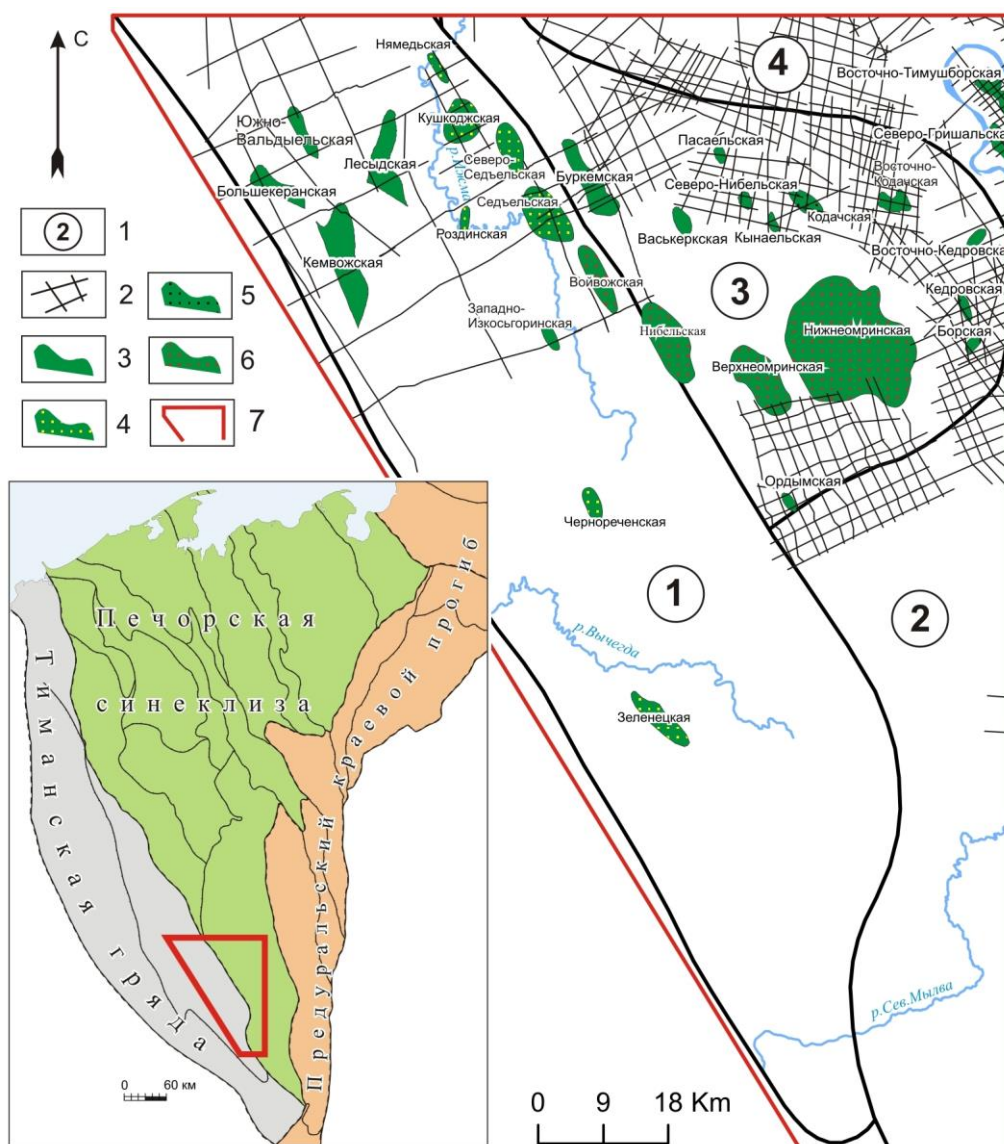
На сегодняшний день на исследуемой территории открыто 15 месторождений: 2 нефтяных, 9 газовых и 4 смешанного состава. В основном залежи нефти и газа заключены в терригенных коллекторах среднедевонско-нижнефранского нефтегазоносного комплекса. Залежи пластовые, сводовые, литолого-стратиграфические и тектонически-экранированные [Нефтегазоносность и геолого-геофизическая..., 1999]. По запасам они относятся к мелким и средним.

Эксплуатация месторождений УВ ведется начиная с 30-х гг. прошлого столетия. За длительный период разработки добыто (на 01.01.2011 г.) более 29,5 млрд. м<sup>3</sup> газа и 11,7 млн. т нефти. Это области с наибольшей выработанностью ресурсов нефти и газа. Однако перспективы территории не исчерпаны. По последним данным [Куранов и др., 2013] прогнозные ресурсы в пределах Ухта-Ижемского вала оцениваются до 18 млн. т у. т. и Омра-Сойвинского выступа – от 27 до 81 млн. т у. т.

Как следует из изложенного, рассматриваемый район достиг исследовательской зрелости – такого состояния, когда в пределах территории все доступные с помощью существующих на сегодняшний день технических средств явные геологические объекты типа «ловушка УВ» выявлены, и связанные с ними запасы УВ оценены, но потенциальные ресурсы нефти и газа не исчерпаны, и существует, по крайней мере, теоретическая, возможность их перевода в запасы промышленных категорий.

В качестве дополнительной геологической информации, позволяющей выявлять локальные объекты типа «ловушка УВ», могут служить данные дистанционного зондирования Земли из космоса. По результатам проведенного структурного дешифрирования космических снимков на исследуемой территории выявлено 50 локальных

объектов, которые можно рассматривать как признаки-предсказатели (рис. 2) существования потенциальных ловушек для скоплений УВ [Котик, 2014].

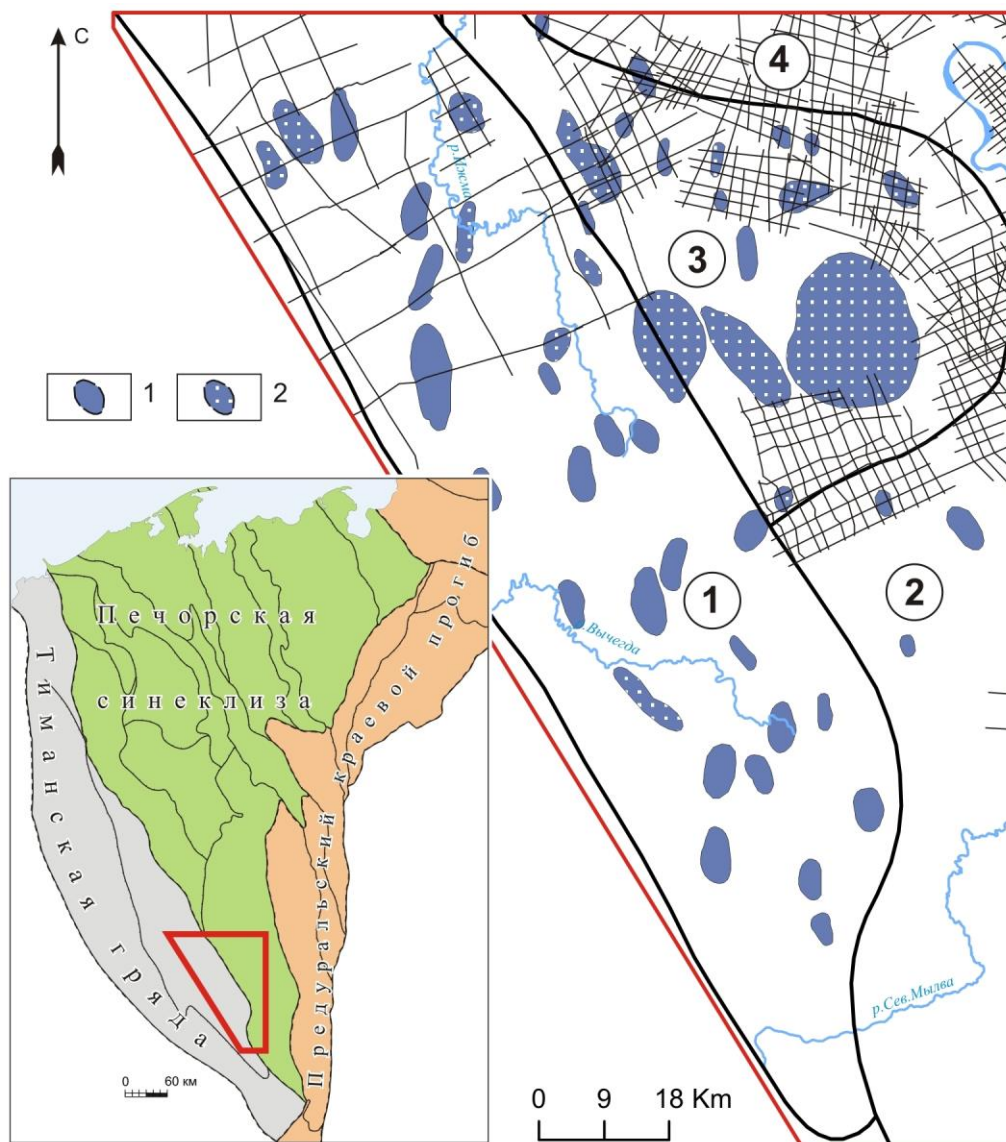


**Рис. 1. Карта локальных структур, выявленных по геолого-геофизическим данным**

1 – тектонические элементы: 1 – Ухта-Ижемский вал, 2 – Джебольская ступень, 3 – Омра-Сойвинская ступень, 4 – Тэбукская ступень; 2 – сейсморазведочные профили; 3 – локальные структуры; 4–6 – локальные структуры, вмещающие залежи: 4 – газа, 5 – нефти, 6 – нефти и газа; 7 – район исследований.

Очевидно, что в случае принятия решения о проведении поисково-разведочных работ по переводу потенциальных ресурсов в запасы в качестве первого шага необходимо оценить вероятность открытия на территории, достигшей исследовательской зрелости, новых геологических объектов типа «ловушка УВ». В этой связи авторы меняют термин «возможность» на «вероятность». Ниже при оценке привлекательности территорий для инвестирования средств в геологоразведочные работы пользуются исключительно им, так

как он позволяет давать оценки в численном виде. Поскольку возможности традиционных поисковых методов на рассматриваемых территориях, достигших исследовательской зрелости, ограничены, для решения поставленной задачи целесообразно использовать доступные и достаточно чётко зафиксированные косвенные признаки – в данном случае дистанционные исследования из космоса, используя метод уточнения вероятности, получивший в литературе название как метод нечётких весов. Его описание приведено в работе [Тарбаев, Садов, Афонин, 2014]. В основу метода положены математические процедуры, вытекающие из принципа Байеса.



**Рис. 2. Карта локальных структур, прогнозируемых по данным дешифрирования космических снимков**

*1 – локальные структуры по данным дешифрирования космоснимков; 2 – отражающие структуры в осадочном чехле. Остальные условные обозначения см. на рис. 1.*



### Описание метода

Как отмечает известный специалист по анализу рисков УВ П. Роуз [Роуз, 2011], несмотря на большие успехи геологической науки, процесс поиска месторождений нефти и газа по-прежнему изобилует случайными факторами и с полным правом может быть назван «...самой крупной на Земле рискованной игрой». Одним из пионеров в области разработки способов нахождения значений столь важного при принятии решений по инвестированию средств в геологоразведочные работы, как вероятность, можно назвать J.P. Dowds [Dowds, 1961, 1964, 1967, 1968, 1969а, 1969б], положившего начало применению в этих целях байесовского анализа. Этот исследователь показал, что условные вероятности, рассчитанные по информации, имевшейся на ранних этапах работ, могут, по мере поступления новой информации, корректироваться и использоваться для оценки шансов получения положительного коммерческого результата при вложении средств в разведку нефтегазоносных земель.

В дальнейшем идею потенциального картирования, основанного на принципах Байеса, активно развивали F.P. Agterberg [Agterberg, 1989], G.F. Bonham-Carter, D.F. Wright [Agterberg, Bonham-Carter, Wright, 1988, 1990], F. Demirmen [Demirmen, 1973], Q. Cheng [Cheng, Agterberg, 1999]. Их усилия привели к созданию метода нечётких весов, представляющего собой усовершенствованный вариант известного весового метода [Bonham-Carter, Agterberg, Wright, 1989]. Потребность в его модификации обусловлена объективными причинами и, не в последнюю очередь, необходимостью строгого соблюдения математической корректности при вычислении апостериорной вероятности, предполагающей наличие между признаками-предсказателями условной независимости:

$$P(x, y|z) = P(x|z) \cdot P(y|z).$$

При использовании весового метода, когда показатели признаков-предсказателей являются зафиксированными величинами, проверка их независимости представляет собой достаточно громоздкую процедуру. В то же время при использовании метода нечётких весов, когда в условиях нечёткости значение признака-предсказателя назначается ( $\mu_A(x) = 1$  в случае присутствия признака,  $\mu_A(x) = 0$  в случае отсутствия), а само пространство признака-предсказателя с учётом его специфики конструируется, идентификация условной независимости существенно упрощается и сводится к констатации: «В ситуации нечёткости условная независимость между моделируемыми признаками эквивалентна условной независимости между состояниями предсказателей  $\mu_A(x) = 1$  и  $\mu_A(x) = 0$ » [Cheng, Agterberg, 1999]. Для решения поставленной задачи авторами использована модификация метода нечётких весов, адаптированная к геологической специфике нефтегазоносных земель.

Математическая модель предлагаемого метода рассматривает каждую достаточно большую нефтегазоносную территорию как полигон случайных опытов в пределах площади размером  $t$  км<sup>2</sup>. Так, разбив его на совокупность единичных неделимых элементов  $d$  размером  $u$  км<sup>2</sup> и полагая, что каждый единичный элемент (ЕЭ) отвечает одному результату проведённого опыта, будем иметь  $T = t/u$  ЕЭ, каждый из которых рассматривается как сложное событие, состоящее из простых взаимно независимых по физической природе событий. Тогда если  $S$  – совокупность ЕЭ, отвечающих подтверждённым сейсморазведкой и бурением геологических объектов типа ловушка УВ, то вероятность успеха открытия такого объекта (в данном случае априорная) выразится как  $P_{\text{априор}} = P(S) = S/T$ .

Чтобы реализовать нефтегазоносный потенциал территории, как уже было показано выше, целесообразно воспользоваться косвенными признаками, определив их терминологически как признаки-предсказатели. Для последующих вычислительных операций их, естественно, необходимо конвертировать в цифровую форму. Это может быть двоичная модель или, при использовании правил теории нечётких множеств, троичная, когда непрерывные геофизические измерения или дискретная информация, полученная с помощью снимков из космоса, подразделяется на 3 базовых класса.

Процедура создания бинарной или троичной модели из  $X$ , где  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  в рамках гипотезы о наличии объекта типа «ловушка УВ», совокупность которых обозначена выше как  $S$ , может быть представлена бинарной моделью в виде двух подмножеств:  $A$  и  $\bar{A}$  с условиями  $A \cup \bar{A} = X$  и  $A \cap \bar{A} = \emptyset$ . Численно это может быть выражено 1 для элемента  $A$  и 0 - для элемента  $\bar{A}$ . В случае, когда рассматривается нечёткое множество  $A \subset X$ , степень, с которой каждый элемент из  $X$  принадлежит  $A$ , описывается как функция  $\mu_A(x)$  со следующими свойствами:

$$0 \leq \mu_A(x) \leq 1,$$

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1; & \text{если } x \in A \\ 0,5; & \text{если } x \in A \text{ или } x \in \bar{A} \\ 0; & \text{если } x \in \bar{A}, \end{cases}$$

где  $A = \{x | \mu_A(x) = 1\}$  и  $\bar{A} = \{x | \mu_A(x) = 0\}$ , обладающие свойствами  $A \cup \bar{A} \subset X$  и  $A \cap \bar{A} = \emptyset$ . При  $\mu_A(x) = 0,5$  возникает ситуация, когда определить принадлежность объекта к состоянию  $A$  или  $\bar{A}$  затруднительно, позволяя квалифицировать опыт как несостоявшийся.

Для вычисления поправки к вероятности обнаружения геологического объекта вида ловушки УВ необходимо совместить карту-полигон распространения геологических

объектов вида ловушки УВ с картой-полигоном признака-предсказателя до полного совпадения границ (в общих для обоих полигонов координатах). В случае неполного соответствия границ при проведении вычислительных операций неперекрываемая часть полигона исключается. Условная независимость между геологическим признаком и признаком-предсказателем констатируется по вышеуказанной причине.

При вычислении корректирующих поправок с использованием принципа Байеса используется выражение:

$$O(S) = \frac{P(S)}{1 - P(S)} = \frac{S}{T - S},$$

где  $O$  означает шансы,  $S$ , как и ранее, – совокупность ЕЭ, соответствующих выявленным сейсморазведкой и бурением геологическим объектам типа «ловушка УВ»,  $T$  – общее число ЕЭ рассматриваемой территории.

Метод предусматривает вычисление условных вероятностей с учётом предсказателей (в качестве которых выступают космические снимки изучаемой территории, по результатам обработки которых выделены объекты  $A$ , потенциально могущие быть ловушками УВ) –  $P(S|A)$ ,  $P(\bar{S}|A)$ ,  $P(S|\bar{A})$  и  $P(\bar{S}|\bar{A})$ . Они вычисляются как отношение соответствующих площадей (числа ЕЭ в них):

$$P(S|A) = \frac{A \cap S}{A},$$

$$P(\bar{S}|A) = \frac{A \cap \bar{S}}{A},$$

$$P(S|\bar{A}) = \frac{\bar{A} \cap S}{\bar{A}},$$

$$P(\bar{S}|\bar{A}) = \frac{\bar{A} \cap \bar{S}}{\bar{A}}.$$

Согласно уравнению Байеса (в предположении о равномерном распределении  $S$  [Cheng, Agterberg, 1999]):

$$P(S|A) = \frac{P(A|S) \cdot P(S)}{P(A)}$$

$$\text{и } P(S|\bar{A}) = \frac{P(\bar{A}|S) \cdot P(S)}{P(\bar{A})}.$$

Отсюда поправочные коэффициенты  $W^+$  и  $W^-$  для предсказателя определяются:

$$W^+ = \ln \frac{P(A|S)}{P(A|\bar{S})},$$

$$W^- = \ln \frac{P(\bar{A}|S)}{P(\bar{A}|\bar{S})},$$

и, наконец:

$$\ln O(S|A) = W^+ + \ln O(S), \quad \ln O(S|\bar{A}) = W^- + \ln O(S).$$

Исходные данные для уточнения вероятности открытия новых ловушек на юге Ухта-Ижемского вала и Омра-Сойвинской ступени определены следующим образом (при условии, что  $E\bar{A} = 1 \text{ км}^2$ ): общее количество  $E\bar{A}$  – 11172, в том числе относящихся к структурам  $S$  – 739, не относящихся  $\bar{S}$  – 10433, число  $E\bar{A}$  предсказателей  $A$  – 1261, не относящихся к предсказателям  $\bar{A}$  – 9911.

Воспользовавшись вычислительными процедурами метода нечётких весов [Тарбаев, Садов, Афонин, 2014], получаем:

$$P_{\text{априор}} = 0,066, \quad P_{\text{апостер}} = 0,095,$$

что соответствует приросту вероятности обнаружения новых ловушек  $\Delta P = 0,029$ .

Это достаточно существенная величина, свидетельствующая о реальной возможности выявления новых геологических объектов типа «ловушка УВ». В связи с этим проведение сейсморазведочных работ, учитывая инфраструктурную освоенность и доказанную нефтегазоносность исследуемого района, является оправданным и перспективным в инвестиционном аспекте. Обстоятельством, ограничивающим возможности применения описанного метода, является использование троичной модели при конструировании пространственного макета признака-предсказателя и связанного с этим неизбежным редуцированием исходной информации.

### Литература

Котик И.С. Обоснование структурных объектов дальнейших нефтегазопоисков по результатам дешифрирования космоснимков и геолого-геофизическим данным // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2014. – Т.9. – №3. [http://www.ngtp.ru/rub/4/36\\_2014.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/4/36_2014.pdf). DOI: [https://doi.org/10.17353/2070-5379/36\\_2014](https://doi.org/10.17353/2070-5379/36_2014)

Куранов А.В., Кутлинский А.А., Желудова М.С., Матвеева С.Ю., Зегер Н.А. Результаты оценки начальных суммарных ресурсов углеводородного сырья Республики Коми // Горный журнал. – 2013. – № 9. – С. 57-61.

Нефтегазоносность и геолого-геофизическая изученность Тимано-Печорской провинции: история, современность, перспективы. – Ухта: Ухт. ГТУ, 1999. – 1062 с.

Роуз П. Анализ рисков и управление нефтегазовыми проектами. – М., Ижевск: НИЦ «РХД», Ижевский институт компьютерных исследований, 2011. – 304 с.



*Тарбаев Б.И., Садов С.Л., Афонин П.Е.* Вероятность геологического успеха на нефтегазоносных территориях, достигших исследовательской зрелости // *Известия Коми научного центра.* – 2014. – № 2. – С. 75-79.

*Agterberg F.P.* Systematic approach to dealing with uncertainty of geosciences information in mineral exploration // *Proceedings 21<sup>st</sup> APCOM Symposium, Las Vegas.* – March 1989. – Chapter 18. – P. 165-178.

*Agterberg F.P., Bonham-Carter G.F., Wright D.F.* Integration of geological databases for gold exploration in Nova Scotia // *Photogrammetry and Remote Sensing.* – 1988. – vol. 54. – № 11. – P. 1585-1592.

*Agterberg F.P., Bonham-Carter G.F., Wright D.F.* Statistical pattern integration for mineral exploration / Gaal G., ed. *Proceedings COGEO DATA Symposium on «Computer Applications in Resource Exploration»,* July 1988, Espo, Finland, Pergamon Press. – 1990.

*Bonham-Carter G.F., Agterberg F.P., Wright D.F.* Weights of evidence modeling: a new approach to mapping mineral potential // *Agterberg F.P., Bonham-Carter G.F., eds. Statistical applications in the earth sciences: Geol. Survey Canada.* – 1989. – P. 171-183.

*Cheng Q., Agterberg F.P.* Fuzzy weights of evidence method and its application in mineral potential mapping // *Natural resources research.* – 1999. – vol. 8. – № 1. – P. 27-35.

*Demirmen F.* Probabilistic study of oil occurrence based on geologic structure in Stafford County, south-center Kansas // *Kansas Geological Survey, KOX Project, University of Kansas, Lawrence.* – 1973. – 188 pp.

*Dowds J.P.* Mathematical probability approach proves successful // *World oil.* – 1968. – vol. 167. – № 7. – P. 82-85.

*Dowds J.P.* Mathematical probability as an oil-search tool // *World oil.* – 1961. – vol. 153. – № 4. – P. 99-106.

*Dowds J.P.* Oil finding: A practical problem in statistical decision theory for technologists and management // *Colorado School Mines Quarterly.* – 1964. – vol. 59. – № 4. – P. 537-555.

*Dowds J.P.* Oil rocks, information theory, Markov chains, entropy // *7<sup>th</sup> International Symposium on Operations Research and Computer Applications in the Mineral Industries, Colorado School Mines Quarterly.* – 1969. – vol. 64. – № 3. – P. 275-293.

*Dowds J.P.* Petroleum exploration by Bayesian analysis // *Proceedings of the 6<sup>th</sup> Annual International Symposium on Computer Operations Research, Pennsylvania State University.* – 1966. – vol. 2. – P. FF1-FF26.

*Dowds J.P.* Statistical geometry of petroleum reservoirs exploration and exploitation // *Journal of Petroleum Technology.* – 1969. – vol. 21. – P. 841-852.

**Sadov S.L., Tarbaev B.I.**

Institute of social-economic and energetic problems of North Komi SC UB RAS, Syktyvkar, Russia, sadov@energy.komisc.ru, b.tarbaev@mail.ru

**Kotik I.S.**

Institute of Geology Komi SC UB RAS, Syktyvkar, Russia, iskotik@geo.komisc.ru

### REMOTE SENSING DATA USING FOR THE PROBABILITY ASSESSMENT OF HYDROCARBON TRAPS IDENTIFICATION (ON EXAMPLE OF THE SOUTHERN PART OF UKHTA-IZHMA ARCH AND OMRA-SOYVA STEP)

*The results of interpretation of space images are used in this paper to estimate the potential of two regions in the south of Timan-Pechora oil-and-gas bearing province. The interpretation of the satellite images resulted in identification of 50 local objects as a predictor of undiscovered structures of hydrocarbon trap type. The calculations showed the increment of discovery probability of new hydrocarbon traps at nearly 1.5 times. It shows a high potential of investment in exploration of these areas.*

**Keywords:** hydrocarbon trap, interpretation, satellite images, probability assessment, fuzzy weights of evidence method.

#### References

Agterberg F.P. Systematic approach to dealing with uncertainty of geosciences information in mineral exploration. Proceedings 21<sup>st</sup> APCOM Symposium, Las Vegas. March 1989, chapter 18, p. 165-178.

Agterberg F.P., Bonham-Carter G.F., Wright D.F. Integration of geological databases for gold exploration in Nova Scotia. Photogrammetry and Remote Sensing, 1988, vol. 54, no. 11, p. 1585-1592.

Agterberg F.P., Bonham-Carter G.F., Wright D.F. Statistical pattern integration for mineral exploration. Gaal G., ed. Proceedings COGEO DATA Symposium on «Computer Applications in Resource Exploration», July 1988, Espo, Finland, Pergamon Press, 1990.

Bonham-Carter G.F., Agterberg F.P., Wright D.F. Weights of evidence modeling: a new approach to mapping mineral potential. Agterberg F.P., Bonham-Carter G.F., eds. Statistical applications in the earth sciences: Geol. Survey Canada, 1989, p. 171-183.

Cheng Q., Agterberg F.P. Fuzzy weights of evidence method and its application in mineral potential mapping. Natural resources research, 1999, vol. 8, no. 1, p. 27-35.

Demirmen F. Probabilistic study of oil occurrence based on geologic structure in Stafford County, south-center Kansas. Kansas Geological Survey, KOX Project, University of Kansas, Lawrence, 1973, 188 p.

Dowds J.P. Mathematical probability approach proves successful. World oil, 1968, vol. 167, no. 7, p. 82-85.

Dowds J.P. Mathematical probability as an oil-search tool. World oil, 1961, vol. 153, no. 4, p. 99-106.

Dowds J.P. Oil finding: A practical problem in statistical decision theory for technologists and management. Colorado School Mines Quarterly, 1964, vol. 59, no. 4, p. 537-555.

Dowds J.P. Oil rocks, information theory, Markov chains, entropy. 7<sup>th</sup> International Symposium on Operations Research and Computer Applications in the Mineral Industries, Colorado School Mines Quarterly, 1969, vol. 64, no. 3, p. 275-293.

Dowds J.P. Petroleum exploration by Bayesian analysis. Proceedings of the 6<sup>th</sup> Annual International Symposium on Computer Operations Research, Pennsylvania State University, 1966, vol. 2, p. FF1-FF26.

Dowds J.P. Statistical geometry of petroleum reservoirs exploration and exploitation. Journal of Petroleum Technology, 1969, vol. 21, p. 841-852.

Kotik I.S. *Obosnovanie strukturnykh ob'ektov dal'neyshikh neftegazoposkov po rezul'tatam deshifirovaniya kosmosnimkov i geologo-geofizicheskim dannym* [Space, geophysical and geological structural interpretation data focusing the future hydrocarbon bearing structures]. *Neftegazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika*, 2014, vol. 9, no. 3, available at: [http://www.ngtp.ru/rub/4/36\\_2014.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/4/36_2014.pdf). DOI: [https://doi.org/10.17353/2070-5379/36\\_2014](https://doi.org/10.17353/2070-5379/36_2014)

Kuranov A.V., Kutlinskiy A.A., Zheludova M.S., Matveeva S.Yu., Zeger N.A. *Rezultaty otsenki nachal'nykh summarnykh resursov uglevodorodnogo syr'ya Respubliki Komi* [The evaluation results of the Komi Republic initial total hydrocarbon resources]. *Gornyy zhurnal*, 2013, no. 9, p. 57-61.

*Neftegazonosnost' i geologo-geofizicheskaya izuchennost' Timano-Pechorskoy provintsii: istoriya, sovremennost', perspektivy* [Oil and gas potential and geological-geophysical exploration of the Timan-Pechora province: History, Present and Prospects]. Ukhta: Ukhta State Technical University, 1999, 1062 s.

Rouz P. *Analiz riskov i upravlenie neftegazovymi proektami* [Risk analysis and management of petroleum exploration ventures]. M., Izhevsk: NITs «RKhD», Izhevskiy institut komp'yuternykh issledovaniy, 2011, 304 p.

Tarbaev B.I., Sadov S.L., Afonin R.E. *Veroyatnost' geologicheskogo uspekha na neftegazonosnykh territoriyakh, dostigshikh issledovatel'skoy zrelosti* [The probability of geological success on the oil and gas terrains that reached researches maturity]. *Izvestiya Komi nauchnogo tsentra*, 2014, no. 2, p. 75-79.

© Садов С.Л., Тарбаев Б.И., Котик И.С., 2015