ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС АНАЛИЗА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НЕФТЕЙ ПО ИХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ

Ященко И.Г., Козин Е.С.

Институт химии нефти СО РАН, г.Томск

Необходимость изыскания новых путей поиска, разведки и разработки месторождений углеводородов в связи с ростом нефтепотребления и увеличения запасов трудноизвлекаемых нефтей определяет актуальность изучения физико-химических свойств и состава нефтей, рассеянного органического вещества пород, природных твердых битумов, горючих сланцев и других каустобиолитов. Для выполнения указанных исследований разработан и развивается исследовательский геоинфомационный комплекс (ИГИК) по химии нефти в составе базы данных по химии нефти и газа (БД ХНГ) и системы цифровых карт, с использованием которого в течение ряда лет проводится статистический анализ свойств нефтей в зависимости от их географического положения, глубины залегания, возраста пород.

Введение

Огромный объем необходимой для исследования распределения нефтей по их физико-химическим свойствам информации и большая совокупность разнородных задач анализа пространственно-временных изменений свойств нефтей потребовала создания инструмента для проведения исследований с использованием современных геоинформационных технологий. В связи с этим в Институте химии нефти СО РАН создан исследовательский геоинформационный комплекс (ИГИК) на основе информации базы данных по химии нефти, о которой мы уже писали в наших работах [1, 2], и стандартной ГИС ArcView 3.2x [3 - 7]. Во время опубликования работы [1] геоинформационная система сбора и обработки данных по химии нефти и газа была неразвитой, значительный ряд важных для практики характеристик нефти не был в составе показателей той версии базы данных (БД), которая включала всего 7000 записей с 50 параметрами проб нефти, отобранных в разные годы из различных месторождений России и других стран Европы и Азии. Картографическая база данных включала лишь следующие покрытия: нефтегазоносные бассейны, нефтегазоносные области и районы, нефтяные, газовые и газоконденсатные месторождения, что не позволяло выполнять комплексный анализ распределения нефтей в зависимости от уровня теплового потока, тектонического строения земной коры, нефтепоясного районирования территорий и др. В данное время геоинформационная система по химии нефти и газа претерпела значительные изменения – усовершенствована структура базы данных, увеличено количество характеристик нефтей и газа до 200, наполненность БД увеличилась более чем в 2 раза, существенно изменилась качественная и количественная структура картографический материалов, что требует более детального описания и является целью данной работы.

1. Информационно-программный комплекс

На рис.1 представлена обобщенная структура ИГИК, которая состоит из следующих элементов: базы данных (БД), система цифровых карт (СЦК), геоинформационная система (ГИС) с дополнительными модулями расширения, система управления базами данных (СУБД) с дополнительными модулями расширения и интерфейс пользователя. Через интерфейс пользователь имеет доступ к элементам управления ГИС и СУБД, которые в свою очередь позволяют выполнять запросы к БД и СЦК. Дополнительные модули расширения позволяют расширить функциональность стандартных ГИС и СУБД и в совокупности составляют специальное программное обеспечение (СПО).

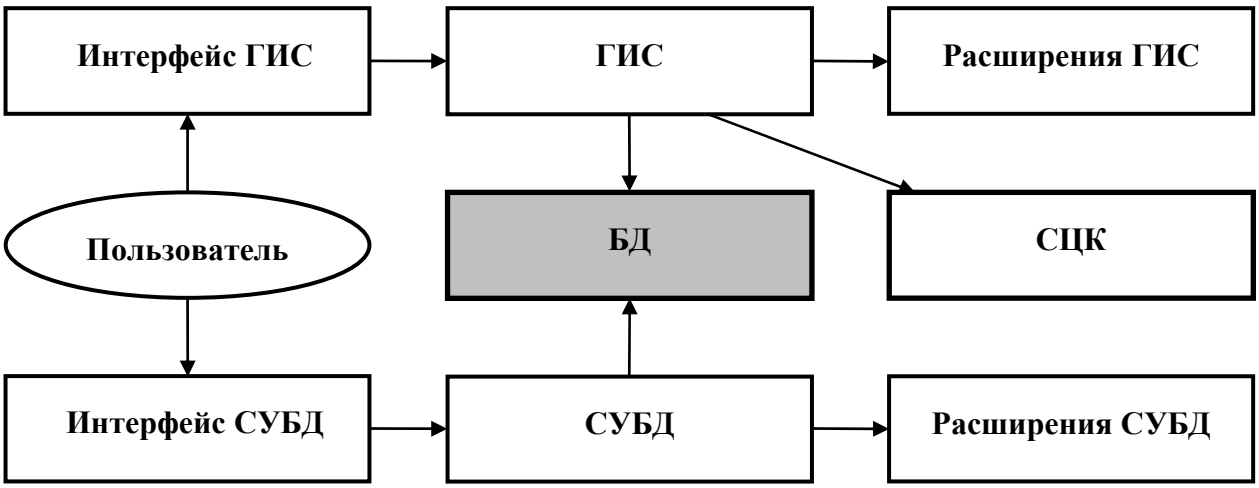

Рис. 1. Обобщенная схема исследовательского геоинформационного комплекса (ИГИК)

ГИС-интерфейс состоит из набора компонентов, осуществляющих интеграцию составных частей программного обеспечения для функциональности ИГИК и осуществляет отображение текущей обстановки на электронной карте и организует взаимодействие между приложениями. ГИС-интерфейс реализован на основе стандартного пакета средств программного обеспечения ArcView GIS ESRI [8].

Специальное программное обеспечение предназначено для реализации процедур геостатистического анализа данных. Специфика задач изучения закономерностей распределения нефтей на основе анализа информации, накопленной в базе данных, потребовала развития программных средств обработки данных. При этом для обработки данных используются средства анализа, имеющиеся в составе стандартного программного обеспечения ГИС Arc View 3.2x и Microsoft Excel. При отсутствии необходимых средств статистического анализа в составе ГИС-интерфейса, например, для оценки доверительных интервалов, либо использовались стандартные средства Microsoft Office, либо разрабатывались специальные программные средства на встроенном в ГИС языке Avenue или Delphi [9, 10].

Для проведения исследований из многочисленных литературных источников собран обширный фактический материал по физическим свойствам и химическому составу нефтей мира и о геологических характеристиках нефтеносных бассейнов. На основе этого материала в Институте химии нефти СО РАН была сформирована база данных (БД) по физико-химическим свойствам нефтей мира, которая является центральной частью ИГИК. База данных зарегистрирована в Государственном регистре баз данных (Регистрационное свидетельство № 6624) и в Роспатенте (свидетельство № 2001620067, г. Москва, 16.05.2001 г.) [5, 6] и содержит информацию о нефтях более 4300 месторождений, расположенных в 152 нефтегазоносных бассейнах мира на нефтеносных территориях 81 стран Азии, Африки, Европы, Америки и Австралии. В исследованиях закономерностей пространственного размещения природных объектов, таких как нефтегазовые месторождения и нефтегазоносные бассейны, необходимо учитывать их пространственные свойства, связанные с их размерами, взаиморасположением и др., что вносит разнородность в информационные массивы и требует проведения комплексного анализа данных с применением методов пространственного и статистического анализа. Общая схема проведения комплексного анализа данных на основе сочетания методов статистического и пространственного анализа применительно к исследованиям пространственного распределения нефтей на Земле приведена на рис. 2.

Рис. 2. Общая схема геостатистического анализа данных о физико-химических свойствах нефтей

2. Структура базы данных и цифровое картографическое обеспечение ИГИК

База данных в составе ГИС создана на основе Microsoft Access для Windows [11], применение которого позволяет сводить воедино информацию из разных источников (электронных таблиц, текстовых файлов, других баз данных) и представлять данные в удобном для пользователя виде с помощью таблиц, рисунков, диаграмм и отчетов. На рис. 3 представлена экранная форма для входа в БД.

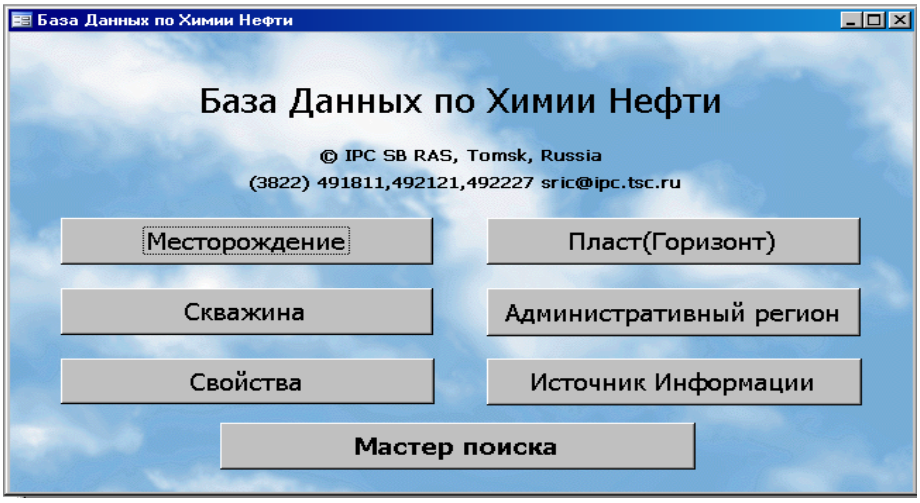

Рис. 3. Экранная форма представления БД

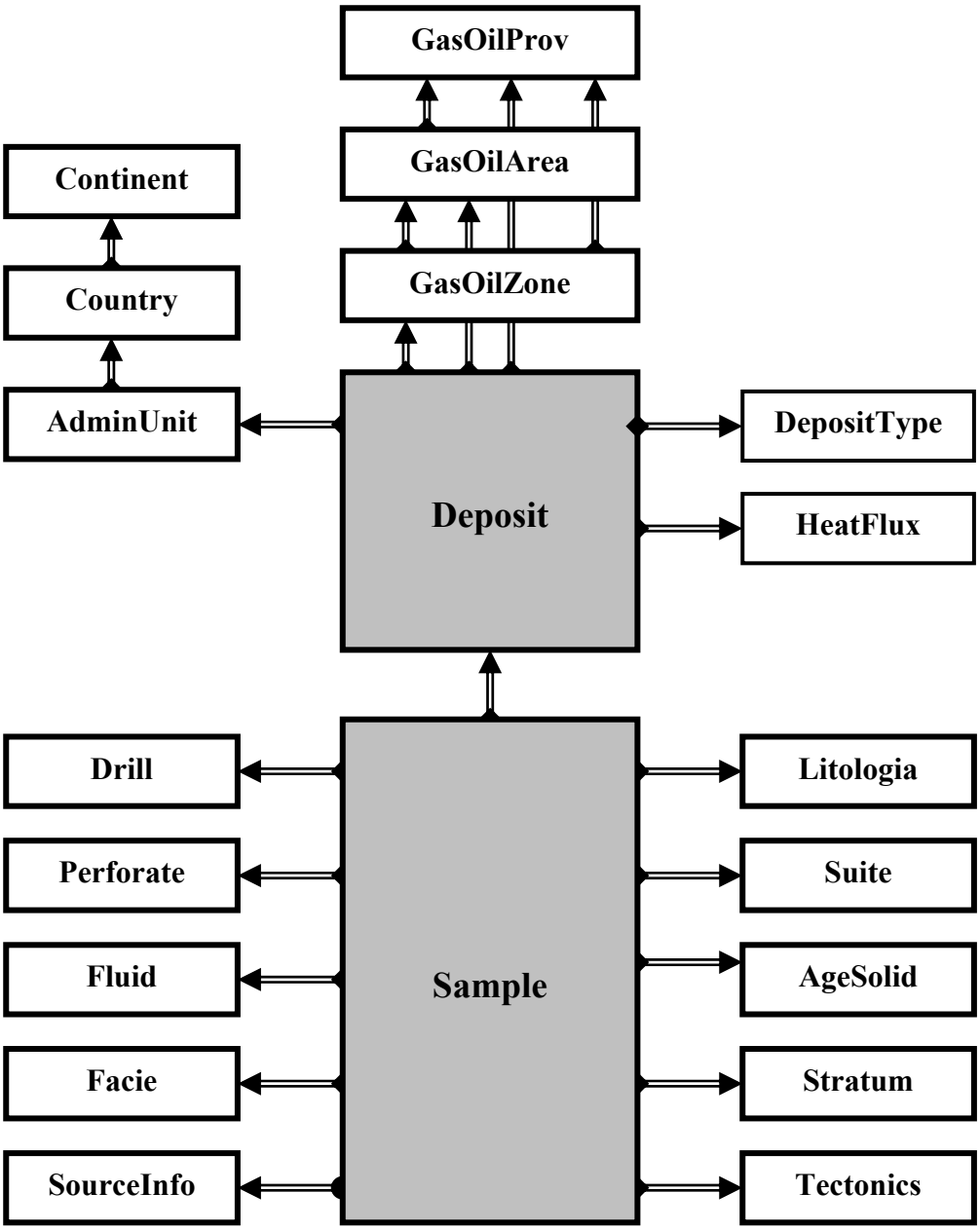

Рис. 4. Структурная схема расширенной базы данных по химии нефти и газа

База данных представляет собой систему взаимосвязанных наборов данных. Каждый набор данных имеет обязательное поле («ID»), которое является ключевым и содержит уникальный идентификатор записи. Посредством такого уникального идентификатора организована связь наборов данных в единую систему. На рис. 4 приведена общая структурная схема базы данных, а в табл. 2 представлено назначение и описание наборов данных в БД.

Таблица 2 – Список наборов данных в БД

Набор данных	Назначение	Число полей	Число записей
AdminUnit	административная единица, если возможно, в пределах страны, в которой расположено месторождение	4	299
AgeSolid	список кодов геологических возрастов горной породы	3	383
Continent	континент или часть континента, на котором расположено месторождение	3	22
Country	страна, в которой расположено месторождение	4	79

GasOilArea	список нефтаегазоносных областей. Если возможно, то ссылается на уникальный идентификатор нефтегазоносного бассейна	4	105
GasOilProv	список нефтегазоносных бассейнов	3	155
GasOilZone	список нефтаегазоносных районов. Если возможно, то ссылается на уникальный идентификатор нефтегазоносной области	4	161
Deposit	информация о месторождениях. Географически месторождение входит в нефтегазоносный район	13	4313
DepositTyp	список типов месторождения	3	12
Drill	информация о скважинах как составных элементов месторождения	7	11788
Facie	список областей осадконакоплений	3	16
Fluid	список типов образца, взятого для анализа	3	7
Litologia	список названий литологических объектов	3	134
HeatFlux	плотность теплового потока, измеренного в скважине месторождения, мВт/м^2	5	365
Perforate	интервал перфорации, из которого взят образец нефти для анализа	11	13018
Sample	свойства образца нефти, по возможности, для которых были проведены физико-химический или другие анализы	230	15387
Suite	список названий геологических свит	3	773
Stratum	список геологических горизонтов (пластов)	9	2957
SrcInfo	список открытых источников информации	12	302
Tectonics	список тектонических элементов, в пределах которых находится месторождение	3	543

Основным элементом базы данных является набор данных «Образец» («Sample»), в котором содержится информация о результатах анализа конкретного образца нефти (рис. 5)

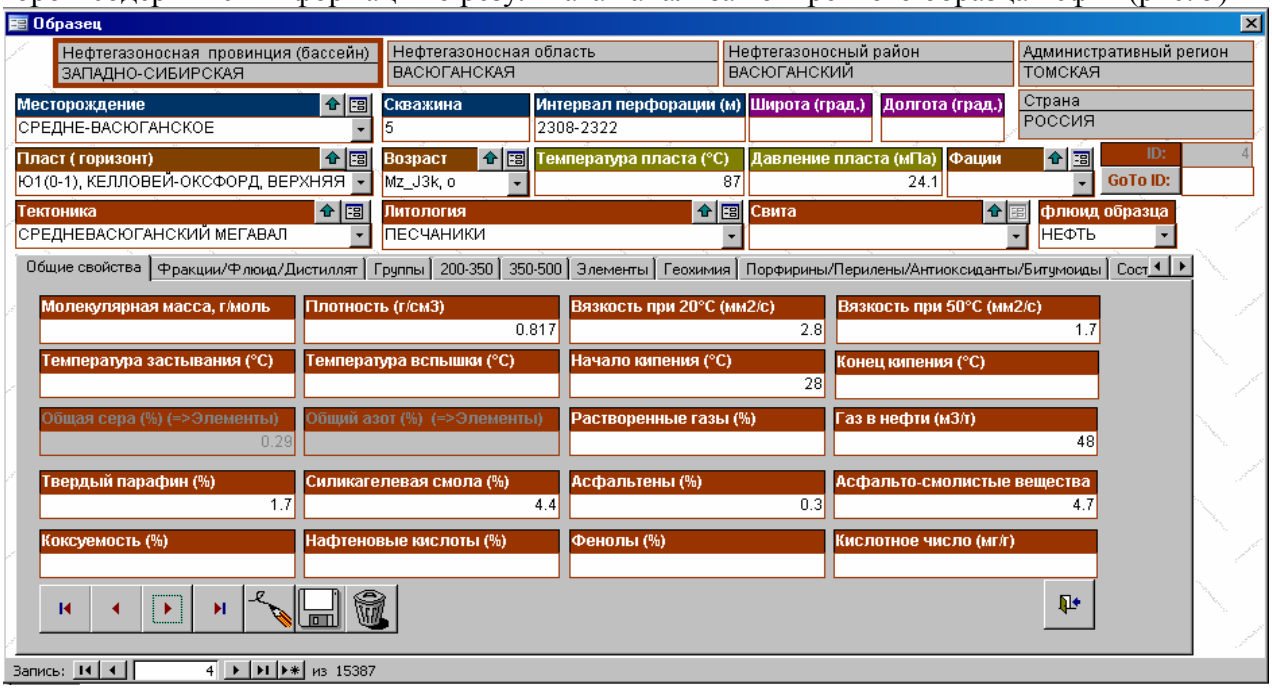

Рис. 5. Экранная форма набора данных «Образец» («Sample»)

. Записи этого набора данных связаны отношением «один ко многим» с набором данных «Интервал перфорации» («Perforate»), который в свою очередь через набор данных «Скважина» («Drill») связан с набором данных «Месторождение» («Deposit») (рис. 6). Записи набора данных «Месторождение» («Deposit») служат для привязки данных к их местоположению посредством цифровых карт ГИС. В отчетном году структура БД усовершенствована введением нового набора показателей, описывающих уровень теплового потока и глубину измерения уровня теплового потока на месторождениях Западной Сибири

«Тепловой поток» («HeatFlux», табл. 2), который посредством ключевого поля («ID») связан с набором данных «Месторождение» («Deposit»).

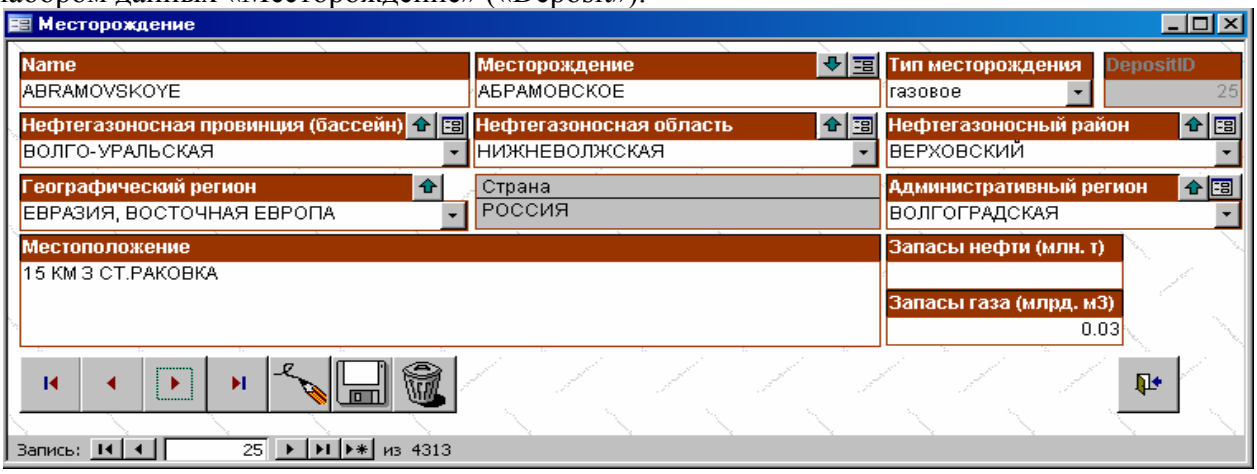

Рис. 6. Экранная форма набора данных «Месторождение» («Deposit»)

Пространственный анализ требует применения картографических материалов и может быть осуществлен с использованием средств геоинформационных систем и ГИС-технологий. При этом СЦК (рис. 1 и 2) используется как для проведения пространственного анализа данных, так и для картографического отображения результатов анализа. Важными для проведения наших исследований являются тематические карты, в качестве которых в нашей работе использованы карты нефтегазоносности, карты тектонического, поясного, геотермического районирования и др.

СЦК является реализацией слоя доступа к пространственным данным ИГИК. Сервер поддерживает следующий набор функций [12]:

визуализация картографических данных (реализация набора функций формирования и визуализации электронных карт);

составление запросов и прием характеристик выбранного на слое произвольного объекта от компонента картографической информации;

работа с картографическими данными в режиме виртуального присоединения, обеспечивающем возможность одновременной согласованной работы в едином координатном пространстве с множеством территорий без дублирования информации и нарушения целостности каждой отдельной территории;

совместная работа со всеми типами поддерживаемых слоев – векторными, растровыми, слоями оформления;

отслеживание координат мыши, селектируемой точки, длины периметра и площади полигона;

определение слоя, к которому принадлежит выбранный объект простым его выбором;

просмотр выбранной территории (включение/выключение слоев, увеличение/уменьшение, паномирование.

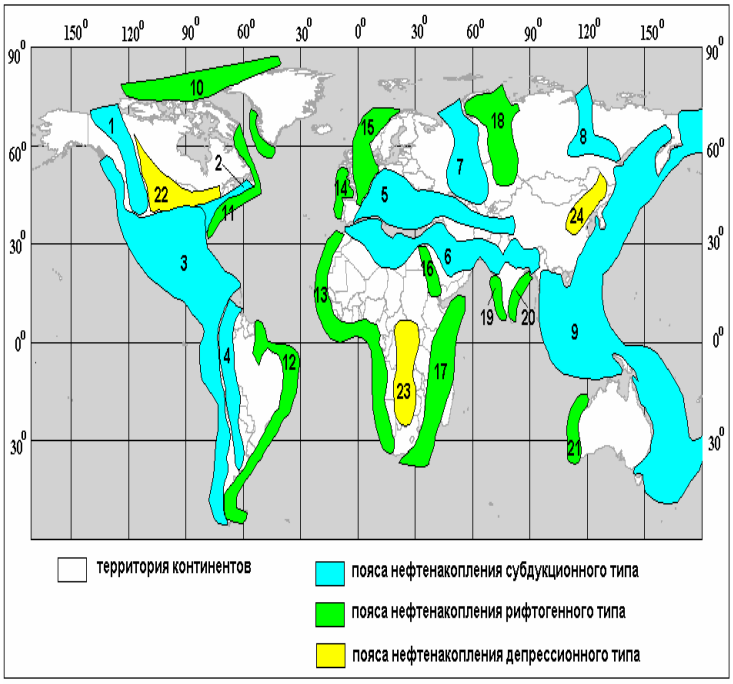

Рис. 7. Карта-схема поясного районирования территории Земли

Обозначения: пояса субдукционного типа: 1 – Предкордильерский, 2 – Предаппалачский, 3 – Западно-Американский, 4 – Предандийский, 5 – Альпийский, 6 – Африкано-Индийский, 7 – Предуральский, 8 - Предверхоянский, 9 – Восточно-Азиатский; пояса рифтогенного типа: 10 – Свердрупский, 11 – Восточно-Североамериканский, 12 – Восточно-Южноамериканский, 13 – Западно-Африканский, 14 – Западно-Европейский, 15 - Североморский, 16 – Красноморский, 17 – Восточно-Африканский, 18 – Западно-Сибирский, 19 – Западно-Индийский, 20 – Восточно-Индийский, 21 – Западно-Австралийский; пояса депрессионного типа: 22 – Центрально-Североамериканский, 23 – Центрально-Африканский, 24 – Центрально-Китайский.

СЦК включает предусмотренные схемой на рис. 2 необходимые для проведения исследований картографические материалы. В качестве топоосновы используется цифровая карта масштаба 1:5 000 000. К этой карте «привязывается» карта масштаба 1:1 000 000, к которой в свою очередь осуществлялась привязка тематических цифровых карт, необходимых для проведения исследований пространственных изменений свойств нефтей. В данный момент ИГИК развит введением новых картографических материалов. В частности, для исследования закономерностей изменения физико-химических свойств нефтей в зависимости от поясного районирования нефтегазоносных территорий была использована карта районирования мира по поясам нефтенакопления (рис. 7) [13]. Данные исследования были опубликованы в нашей работе [14]. Исследования закономерностей изменения физико-химических свойств нефтей в зависимости от уровня теплового потока проводились с помощью карт теплового потока на территориях земного шара и, в частности, на нефтегазоносных территориях России, которая представлена на рис. 8 [15], а результаты наших исследований опубликованы в работах [16, 17]. А исследования свойств нефтей в зависимости от распространения в отложениях нефтегазоносных территорий вечной мерзлоты будут исследованы с помощью карты распределения подземного льда на территории СНГ (рис. 9) [18].

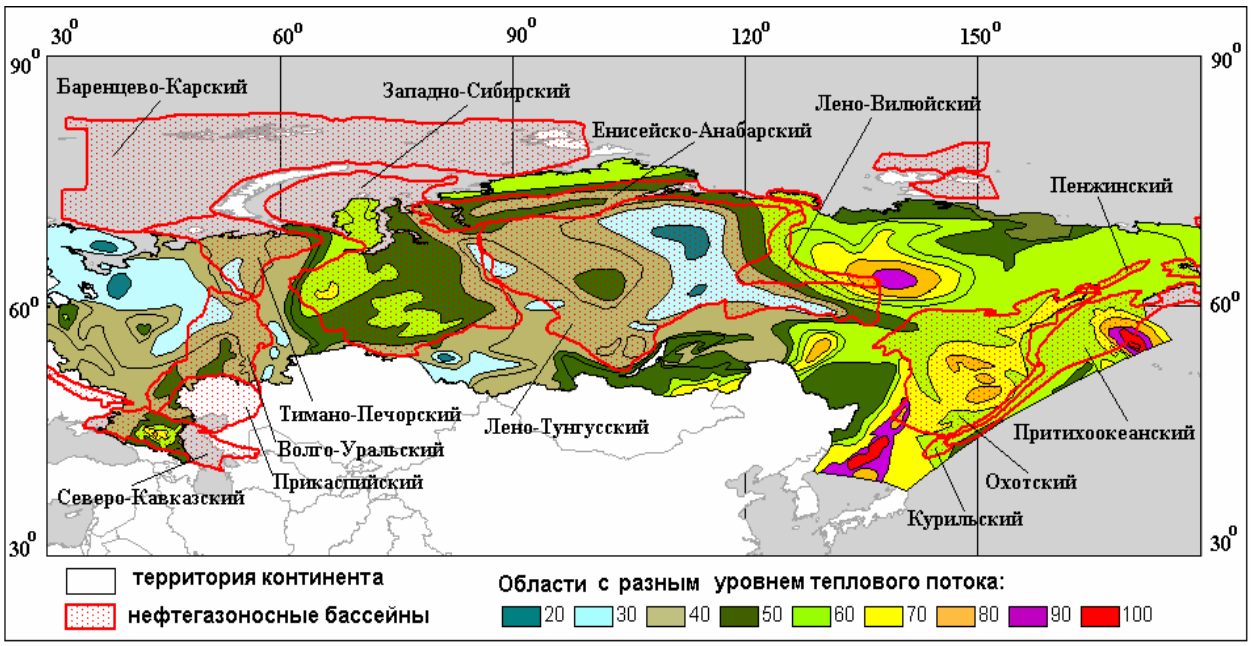

Рис. 8. Районирование нефтегазоносных территорий России по уровню теплового потока

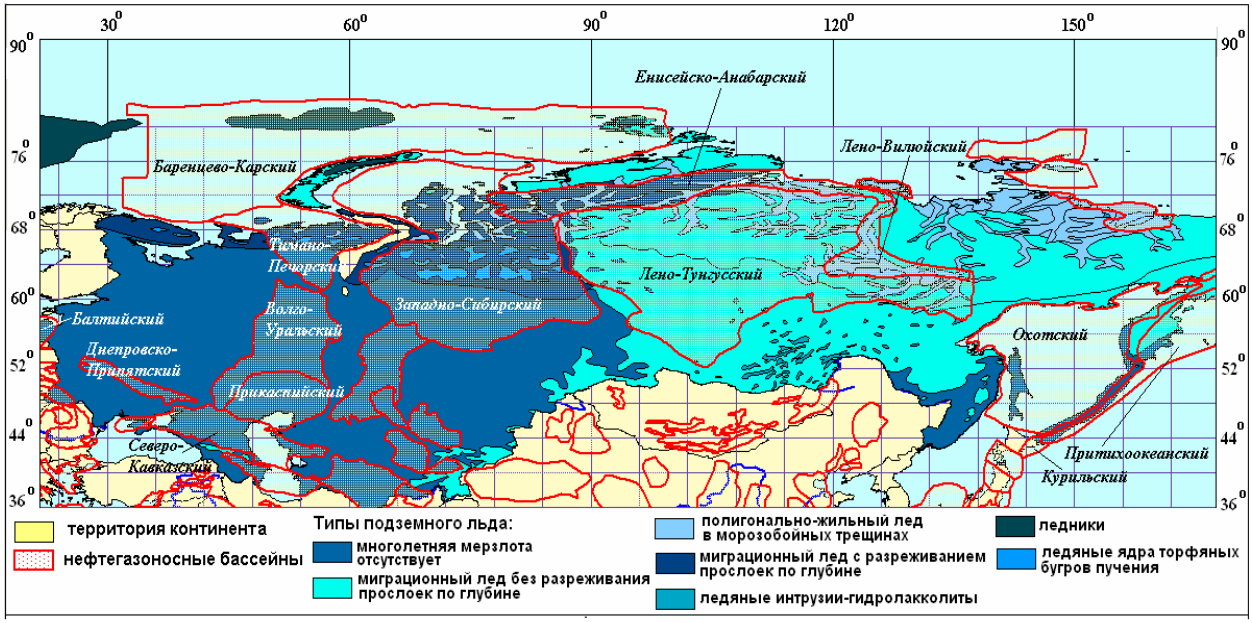

Рис. 9. Районирование нефтегазоносных территорий СНГ по генетическому типу подземного льда

3. Развитие базы данных по физико-химическим свойствам нефтей мира

База данных по химии нефти и газа за период после опубликования наших работ [1, 2] в 2000 и 2003 гг. пополнена более чем в 2 раза информацией по образцам нефтей и газа, рассеянного органического вещества и битумоидов и в настоящее время включает данные о 15387 образцах, характеризующихся более 210 физико-химическими, геохимическими и геологическими показателями [3 – 7]. Общая характеристика распределения информации из базы данных представлена в табл. 3.

Таблица 3 - Распределение информации из БД по континентам мира

Континент	Количество нефтегазоносных бассейнов	Количество месторождений	Объем данных из БД
Австралия и Океания	10	68	105
Африка	9	226	335
Евразия	82	3185	13712
в том числе Россия	12	2173	8874
Америка	51	827	1226

Как видно из табл. 3, в БД содержится информация о нефтеносных территориях России объемом более 8870 записей. В табл. 4 представлено распределение в БД информации по нефтям России и близлежащих территорий с указанием объемов массивов данных по НГБ, количества месторождений, пределов изменения глубины залегания и геологического возраста нефтей в бассейне.

Таблица 4 - Распределение образцов нефтей России и близлежащих территорий по интервалу перфорации и возрасту

Нефтегазоносный бассейн	Объем выборки	Количество месторождений	Интервал перфорации (м)	Распределение нефтей по возрасту (% от объема выборки)			
				Протерозой	Палеозой	Мезозой	Кайнозой
Балтийский	28	22	773 - 2920	-	27 (100)	-	-
Волго-Уральский	3022	686	42 - 4764	3 (0,1)	2592 (99)	13 (0,5)	10 (0,4)
Днепровско-Припятский	663	123	184 – 5002	-	570 (87,2)	84 (12,8)	-
Енисейско-Анабарский	66	12	128 – 2944	-	6 (9,4)	58 (90,6)	-
Западно-Сибирский	3072	720	163 – 5490	-	129 (4,9)	2492 (95,1)	-
Лено-Вилюйский	155	15	1024 – 3847	7 (4,5)	38 (24,5)	110 (71)	-
Лено-Тунгусский	692	91	200 – 4025	491 (72,7)	183 (27,1)	-	1 (0,2)
Охотский	324	59	110 – 4129	-	1 (0,4)	3 (1,0)	279 (98,6)
Пенжинский	7	5	1443 – 2844	-	-	-	7 (100)
Прикаспийский	475	118	30 - 6140	-	167 (36,4)	290 (63,2)	2 (0,4)
Северо-Кавказский	1538	247	100 – 5180	-	7 (0,5)	968 (64,2)	532 (35,3)
Тимано-Печорский	387	75	420 - 5091	-	306 (90,5)	32 (9,5)	-

Заключение

Необходимость изыскания новых путей поиска, разведки и разработки месторождений углеводородов в связи с ростом нефтепотребления и увеличения запасов трудноизвлекаемых нефтей определяет актуальность изучения физико-химических свойств и состава нефтей. Для выполнения указанных исследований разработана и развивается исследовательский геоинфомационный комплекс (ИГИК) по химии нефти в составе базы данных по химии нефти (БД) и системы цифровых карт, с использованием которого в течение ряда лет проводится статистический анализ свойств нефтей в зависимости от их географического положения, глубины залегания, возраста пород. Несмотря на большое количество появившихся в последние десятилетия новых материалов по физико-химическим свойствам

и составу нефтей, работ по их обобщению выполняется сравнительно немного. Развитие БД по составу и свойствам нефтей позволит установить закономерности изменения состава и физико-химических свойств нефтей в зависимости от местоположения, глубины залегания, возраста пород и фациальных условий накопления исходного нефтематеринского вещества и разработать методологию прогноза состава и свойств нефтей.

В данной статье описана структура основного компонента ИГИК – базы данных и ее взаимосвязи с другими составляющими комплекса. Данный комплекс обладает значительными возможностями, которые позволяют решать широкий круг задач в области геохимии, геологии нефти и газа и др. Вышеописанный ИГИК, реализованный в Институте химии нефти СО РАН, постоянно развивается и усовершенствуется.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ «Обь» (проект № 05-05-98009)

Литература

1. *В.В. Ан, Е.С. Козин, Ю. М. Полищук, И.Г. Ященко.* База данных по химии нефти и перспективы ее применения в геохимических исследованиях // Геология нефти и газа. - 2000. - № 2. – С. 49 – 51.
2. *Ященко И.Г.* Разработка компьютерного комплекса на основе ГИС-технологий для исследования физико-химических свойств нефтей / И.Г. Ященко, Е.С. Козин // «Информационно-вычислительные технологии в решении фундаментальных научных проблем и прикладных задач химии, биологии, фармацевтики, медицины», апрель-май 2003 г. - http://www.ivtn.ru/2-session/enter/r_pdf/dok_54.pdf
3. *Ан В.В.* Геоинформационная система для исследования закономерностей пространственного распределения ресурсов нефти и газа / В.В. Ан, Е.С. Козин, Ю.М. Полищук, И.Г. Ященко // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. – 2000. - № 11. – С. 15 – 24.
4. *Ан В.В.* База данных по химии нефти и перспективы ее применения в геохимических исследованиях / В.В. Ан, Е.С. Козин, Ю. М. Полищук, И.Г. Ященко // Геология нефти и газа. - 2000. - № 2. – С. 49 – 51.
5. *Полищук Ю.М.* База данных по составу и физико-химическим свойствам нефти и газа (БД нефти и газа) / Ю.М. Полищук, И.Г. Ященко, Е.С. Козин, В.В. Ан // Официальный бюллетень Российского агентства по патентам и товарным знакам. – 2001. - № 3 – С. 340 - 341.
6. *Полищук Ю.М., Ященко И.Г., Козин Е.С., Ан В.В.* База данных по составу и физико-химическим свойствам нефти и газа (БД нефти и газа), зарегистрирована в Роспатенте, свидетельство № 2001620067 от 16.05.2001 г.
7. *Полищук Ю.М.* Геостатистический анализ распределения нефтей по их физико-химическим свойствам / Ю.М. Полищук, И.Г. Ященко // Геоинформатика. – 2004. – № 2. – С. 18 - 28.
8. ArcView GIS. Environmental Systems Research Institute.Inc., NY, 1997. – P.376.
9. Avenue. Environmental Systems Research Institute.Inc., NY, 1997. – P.280.
10. *Культин Н.Б.* Программирование на Object Pascal в Delphi 5. – СПб.: БХВ -Санкт-Петербург, 1999. – С.464.
11. *О'Брайн Т., Подж С., Уайт Дж.* Microsoft Access 97: разработка приложений. – Санкт-Петербург, 1999. – С.640.
12. *Потапычев С.Н.* Архитектура интеллектуальной геоинформационной системы // Труды междунар. семинара «Интеграция информации и геоинформационные системы», 25 – 27 сентября, 2005 г., Санкт-Петербург. – СПб., 2005. – С. 216 – 221.
13. *Гаврилов В.П.* Геодинамическая модель нефтегазобразования в литосфере // Геология нефти и газа. - 1999. - № 10. – С.1 – 8.
14. *Полищук Ю.М., Ященко И.Г.* Изменение состава нефтей в зависимости от нефтепоясного районирования // Геология нефти и газа. - 2005. - № 6. - С. 14 – 18.

15. *Подгорных Л.В., Хуторской М.Д.* 1997. Карта планетарного теплового потока масштаба 1:30 000 000 (объяснительная записка). - С.-Петербург: Изд-во ВНИИ Океангеологии. – С.33.
16. *Ященко И.Г., Полищук Ю.М., Рихванов Л.П.* Анализ взаимосвязи физико-химических свойств нефтей с уровнем теплового потока // Геология нефти и газа. – 2003. - № 3. – С. 17 – 24.
17. *Ященко И.Г.* Анализ пространственных, временных и геотермических изменений высоковязких нефтей России // Известия ТПУ. – 2006. – Т. 309 - № 1. – С. 32 – 39.
18. Атлас СССР / Отв. техн. редактор *Т.П. Сидоренкова*. – М.: Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР, С.1984. – 260.