

## ИНТЕГРАЦИЯ ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ БАЗ ДАННЫХ И ГИС ДЛЯ АНАЛИЗА ЭВОЛЮЦИИ МАГМАТИЗМА НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ АЗИИ

*В.В. Акинин, С.В. Ворошин*

*Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт ДВО РАН, г. Магадан*

Представлен первый вариант региональной информационной системы, объединяющей геохронологическую базу данных ГЕОХРОН и ГИС по геологии Северо-Востока России. Рассмотрено текущее состояние баз данных, ограничения некоторых изотопных методов датирования и рекомендации по представлению информации. Продемонстрированы некоторые потенциальные возможности использования интегрированной информации на примерах исследования эволюции магматической активности всего региона, оценки вулканической активности в Охотско-Чукотском вулcano-плутоническом поясе, анализа плотности пространственного размещения гранитоидов и золоторудных месторождений в Яно-Колымском золотоносном поясе.

**Ключевые слова:** изотопная геохронология, базы данных, ГИС, Северо-Восток Азии.

### ВВЕДЕНИЕ

Фундаментальная цель геохронологических исследований – реконструкция эволюции процессов на Земле в глобальном и региональном масштабе. Время является важнейшим фактором при любых геологических построениях, будь то «относительный» возраст, определяемый на основе биостратиграфических и других корреляций, или «абсолютный» возраст, определяемый методами изотопной геохронологии. Прогресс в развитии прецизионных изотопно-геохронологических методов, связанный с успехами микропробования, повышения точности и надежности определения возраста и термальной истории геологических объектов, возрастанием аналитических возможностей лабораторий в целом, мотивирует геологов к использованию изотопных датировок в качестве ключевого параметра при интерпретациях и моделировании геологических процессов.

Базы данных радиометрического возраста являются важнейшей составной частью создаваемой сейчас мировым научным сообществом киберинфраструктуры ХРОНОС (CHRONOS – <http://www.chronosnetwork.org>). Приоритетными данными для создаваемой онлайн-базы радиометрических данных ERRAD будут: 1) даты, напрямую калибрующие или ограничивающие геологическую шкалу Земли для последних 600 млн лет; 2) даты интрузивных и эффузивных пород, которые могут быть ис-

пользованы для ограничения возраста пород, содержащих органические остатки (в случае секущих или несогласных взаимоотношений); 3) докембрийские даты, представляющие информацию об истории планеты до появления животных (<http://earthref.org>). Совершенно очевидно, что получаемые для этих целей датировки должны быть выполнены с помощью современных прецизионных методов изотопного датирования, неоднократно воспроизведенных в ряде лабораторий и разными методами.

Северо-Восток Азии относится к потенциальным геологическим полигонам для решения обозначенных выше задач, и уже сейчас можно ставить вопрос о проведении систематических прецизионных геохронологических измерений на ряде объектов. Существующие на сегодняшний момент архивные радиометрические датировки (главным образом K-Ar и Rb-Sr изохронные по валу) не удовлетворяют во многих случаях современным требованиям точности и надежности, однако могут быть использованы как предварительные данные. Одним из таких примеров является база данных ГЕОХРОН, созданная в 1996 г. в СВКНИИ ДВО РАН [1]. Также совершенно очевидно, что для полноценного геологического анализа одной только базы данных, пусть даже с очень хорошо разработанной структурой, не достаточно. Наилучшее для геолога решение может быть достигнуто при комбинировании геохронологической базы данных с геоинформационной системой геологического

содержания. Такая интеграция позволит оперативно решать следующие задачи: 1) выполнение информационно-справочных запросов; 2) визуализацию данных, создание картографических материалов; 3) проведение количественных расчетов, оперирующих с площадями и объемами пород; 4) анализ пространственного распределения типов и комплексов пород; 5) проведение геодинамических, тектонических и металлогенических реконструкций; 6) пространственное моделирование различных геологических процессов. Например, можно предметно обсуждать вопросы выделения магматических комплексов в пространстве, рассчитывать объем и продуктивность вулканических извержений и пространственно-временные особенности эволюции магматических и рудных процессов.

Первый вариант такой объединенной системы, выполненный на основе ГИС по геологии Северо-Востока России [24] и базы данных ГЕОХРОН [1], некоторые возможности и примеры использования мы представляем в настоящей статье.

#### ПРИНЦИПЫ ИНТЕГРАЦИИ ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ В ГИС

ГИС скомпилирована на основе Геологической карты Северо-Востока СССР масштаба 1:1 500 000 [8], изданной под редакцией М.Е. Городинского в 1980 г. (более детальная характеристика ГИС приводится в статье С.В. Ворошина и др. в этом же номере журнала). Информация о геологии (без учета разрывных нарушений) разделена на полигональные векторные слои с атрибутивной информацией, соответствующей легенде (табл. 1, 2, 3). Это кайнозойские стратифицированные образования (3970 объектов), докайнозойские стратифицированные образования (16864 объекта) и интрузии (5414 объектов). Как видно из таблиц, все полигоны характеризуются возрастом, соответствующим геохронологической шкале. В идеале каждому из указанных полигональных объектов должна соответствовать запись с числовым значением возраста. К сожалению, пока это не достигнуто, а числовые значения имеются главным образом для магматических образований, причем отнесенным как к стратифицированным образованиям (вулканы), так и к интрузиям. Данные по датировкам организованы в виде отдельного точечного слоя. Атрибуты точек могут быть легко присвоены полигонам стандартными средствами ГИС. Однако существует ряд неопределенностей, связанных с наличием нескольких различающихся между собой датировок одного и того же геологического объекта и фациальной изменчивостью геологических тел, показанных в 1:1 500 000 масштабе в виде одного полигона.

**Таблица 1. Тематический слой “Отложения кайнозойского возраста”.**

Название поля	Тип данных
Эра	Текст
Система	Текст
Отдел	Текст
Литология	Текст
Состав и генезис	Текст
Площадь, кв. км	Число

**Таблица 2. Тематический слой “Стратифицированные и метаморфические блоки пород докайнозойского возраста”.**

Название поля	Тип данных
Эра	Текст
Система	Текст
Отдел	Текст
Литология	Текст
Площадь, кв. км	Число

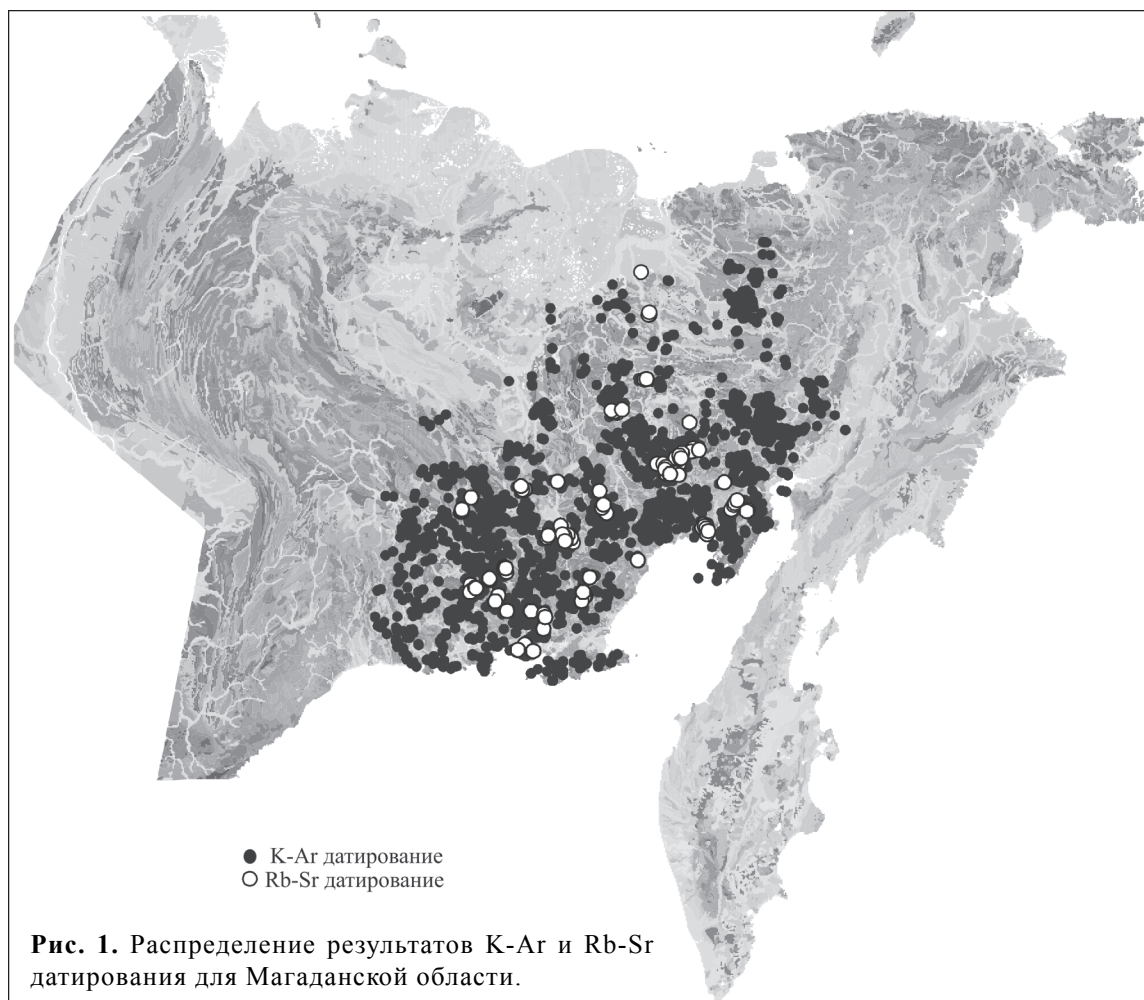
**Таблица 3. Тематический слой “Магматические образования”.**

Название поля	Тип данных
Эра	Текст
Период	Текст
Эпоха	Текст
Фация	Текст
Петрография	Текст
Площадь, кв. км	Число

Таким образом, числовое значение возраста в атрибутивной таблице полигонов в большинстве случаев будет представлять собой экспертную оценку, выбранную из нескольких дат и соответствующую наиболее распространенной (в конкретном полигоне) фациальной разновидности пород. Экспертная (авторская) оценка датировок также связана с необходимостью выбора значений из нескольких видов изотопных датировок, что обсуждается далее.

Не все значения датировок соответствуют полигонам на карте. Довольно значительное количество определений относится либо к дайкам, либо к жилам, которые в мелком масштабе могут быть отображены только внемасштабными символами – точками или линиями. Естественно, что пространственный анализ таких данных требует других методических подходов.

Пространственное распределение имеющихся на сегодня датировок по Магаданской области отражено на рис. 1. Для Якутии, Чукотки и Камчатки информация также имеется, в текущий момент выполняется уточнение пространственной привязки проб



из [9]. Объединение баз данных по изотопным датировкам, созданных в разных лабораториях, и включение их в ГИС по геологии Северо-Востока России в будущем не составит большого труда при соблюдении некоторых принципов и структуры организации этой информации, которые рассмотрены ниже.

#### АНАЛИЗ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ “ГЕОХРОН”

База данных ГЕОХРОН включает архивные результаты изотопного датирования минералов, горных пород и руд Северо-Востока России из более чем 8000 образцов. Главным образом это результаты К-Аг и Rb-Sr датирования пород, в значительно меньшей степени – новые  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  и U-Pb датировки минералов (76 проб). Структура этих файлов принципиально не менялась с момента создания первого варианта БД [1] и включает всю необходимую геологическую информацию, начиная с названия пород и минералов, названия свит или интрузий и кончая автором коллекции и исходным номером пробы (табл.

4; рис. 2). В последнем варианте базы данных содержатся и 3020 геохронологических датировок по Аляске, скомпилированные в [23].

Появившиеся в последнее время  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  и U-Pb датировки минералов более прецизионны и надежны, зачастую существенно отличаются более узкими интервалами значений дат, чем в К-Аг и Rb-Sr методах, что иногда радикально меняет наши представления о возрасте и продолжительности развития магматических и рудных комплексов [2, 11, 17–20]. В этой связи необходимы некоторые универсальные классификаторы достоверности информации, помещаемой в базу данных. Главным и необходимым условием является раскрытие как можно более полной информации о датируемом объекте (full disclosure по [22]), географического положения отобранной пробы и деталей аналитических измерений (лаборатория, количество измерений, средневзвешенное значение, СКВО, вероятность и т.п.). В случае наличия такого рода данных остается возможность воспроизведения аналитических измерений (обращение к автору для

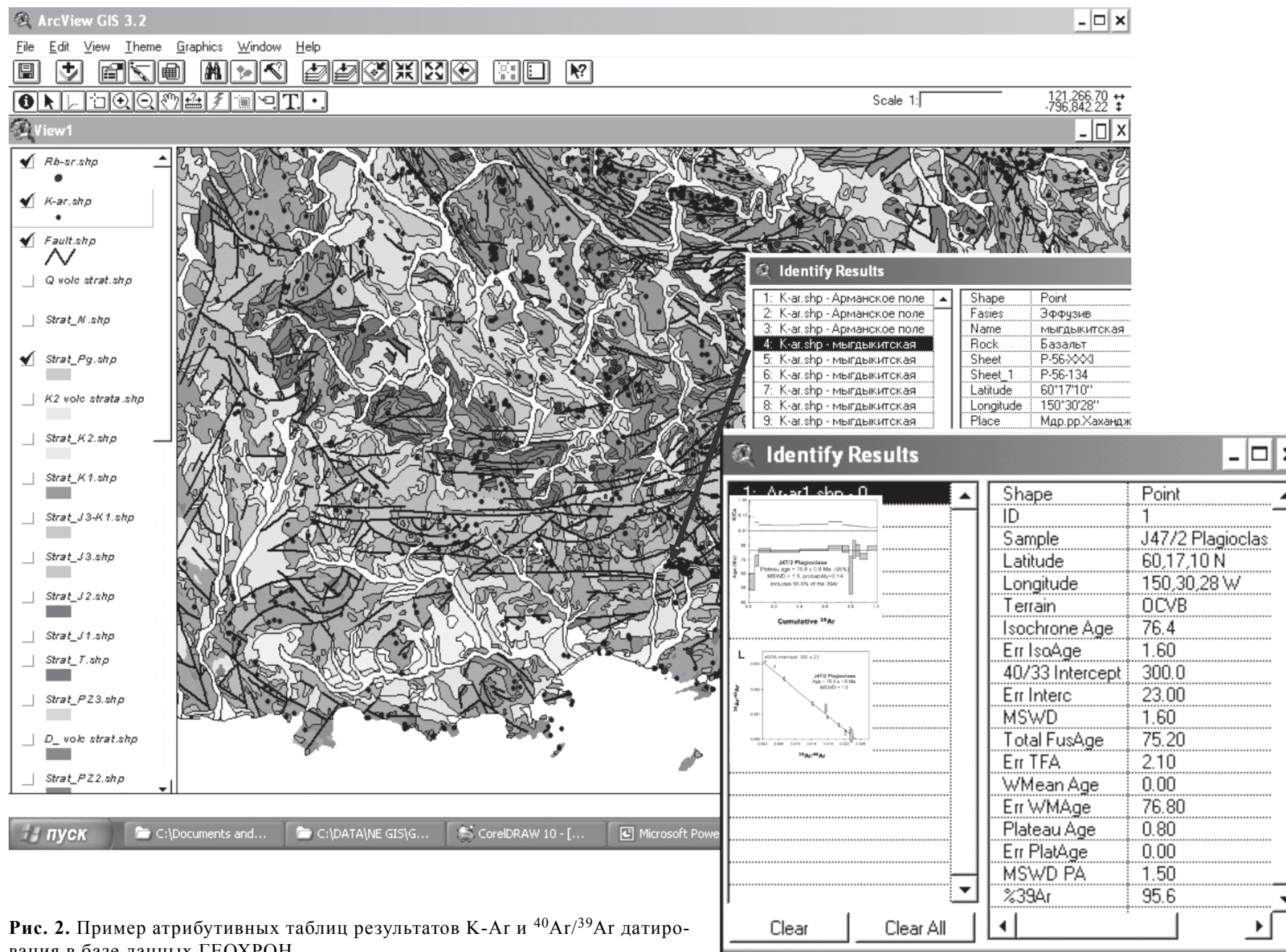


Рис. 2. Пример атрибутивных таблиц результатов К-Аг и  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  датирования в базе данных ГЕОХРОН.



**Таблица 4. Структура некоторых таблиц базы данных ГЕОХРОН.****Геологическое описание**

Содержание поля	Тип данных
Уникальный номер пробы	Число
Террейн (тектоническая структура)	Текст
Анализируемый материал	Текст
Название горной породы/минерала	Текст
Тип геологических образований (эффузив, интрузив, дайка, жила и т.д.)	Текст
Название свиты/интрузии/вулкана	Текст
Авторский номер пробы	Текст
Широта	Число
Долгота	Число
Номенклатура листа карты м-ба 1:200 000	Текст
Номенклатура листа карты м-ба 1:100 000	Текст
Предполагаемый геологический возраст	Текст
Географическое местоположение пробы (название рек, горных вершин и т.п.)	Текст
Фамилия и инициалы автора коллекции	Текст
Год отбора пробы	Число
Экспедиция/организация	Текст
Полевая партия/отряд	Текст
Ссылка на публикацию, где использована изотопная датировка	Текст

**Результаты К-Аг датирования**

Содержание поля	Тип данных
Уникальный номер пробы	Число
Лабораторный номер пробы	Текст
Номер сообщения, выданного заказчику	Текст
Лаборатория, выполнившая анализ	Текст
Концентрация калия, мас. %	Число
Концентрация аргона, нг/г	Число
Ошибка определения концентрации аргона	Число
К-Аг- дата, млн лет	Число
Ошибка определения даты, млн лет	Число
Используемая константа распада	Число

**Результаты Аг-Аг датирования**

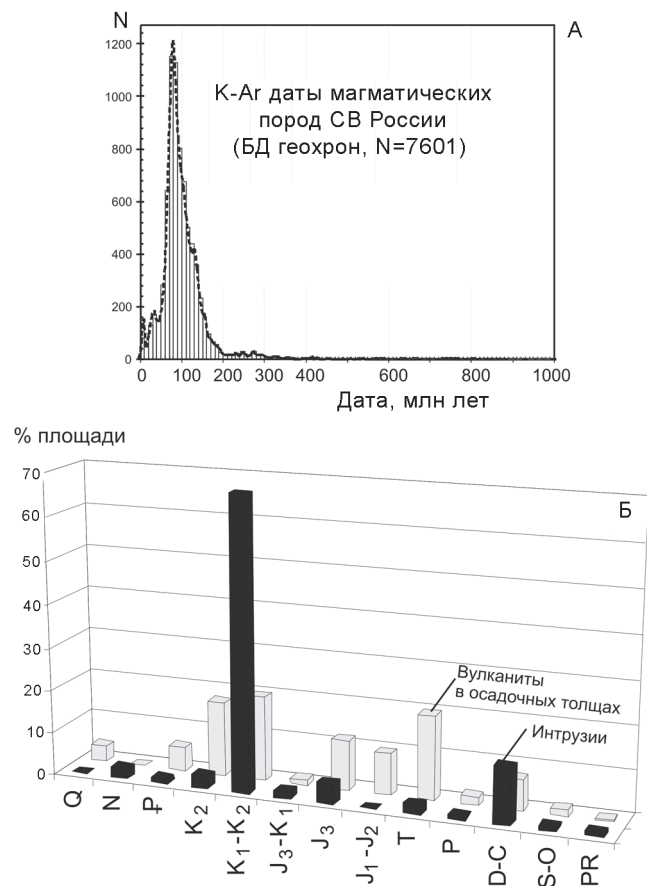
Содержание поля	Тип данных
Уникальный номер пробы	Число
Лабораторный номер пробы	Текст
Лаборатория, выполнившая анализ	Текст
Метод анализа (step heating, laser)	Текст
Изохронный возраст	Число
Ошибка изохронной даты (2s)	Число
40Аг/36Аг пересечение на изохроне	Число
Ошибка пересечения для изохроны (2s)	Число
СКВО изохронного возраста	Число
Средневзвешенный возраст плато	Число
Ошибка возраста по плато	Число
СКВО для возраста плато	Число
Процент выделившегося <sup>39</sup> Аг для плато	Число
Количество фракций в плато	Число
Отношение Са/К	Число
Принятый возраст, млн лет	Число
Ссылка на файл с исходными данными	Текст

получения пробы или отбор новой с использованием систем спутникового позиционирования), коррекции дат в случаях уточнения констант радиоактивного распада, предметного обсуждения надежности приведенной даты. Последнее обстоятельство особенно важно, т.к. зачастую геолог приводит в публикации только изотопные даты, в том числе полученные современными методами, без ясного понимания, что оценить надежность и значение таких цифр в силу открытого поведения всех изотопных систем невозможно. В качестве разъяснения можно привести пример, когда публикуются <sup>40</sup>Аг/<sup>39</sup>Аг даты без указания расхождения возраста плато и изохроны, без графика плато и информации о количестве выделившегося при нагреве <sup>39</sup>Аг при расчете дат, без СКВО, вероятности и т.п. (напр. [6, 7]).

Качество и надежность архивных данных (К-Аг метод и Rb-Sr изохронный метод) особенно трудно оценить. Тут не существует универсальных принятых подходов для интерпретации и расчетов, и поэтому единственным вариантом остается приведение всех без исключения дат. На практике же нередко часть точек в приводимых публикациях исключаются (особенно при расчете Rb-Sr изохроны), что нарушает объективность оценок, нередко приводит к ошибочным результатам. Сложность интерпретации и расчета геохронологических дат в этих методах, составляющих главный массив данных в БД ГЕОХРОН, привела нас к необходимости создания специальных полей в базе данных, которые содержат уже интерпретированные значения для каких либо единичных геологических тел (интрузий, свит, руд). Такой упрощенный уровень является авторским и может быть открыт для непрофессиональных пользователей.

**ПРИМЕРЫ АНАЛИЗА ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ**

Простейшим примером анализа геохронологической информации является анализ магматической активности в заданном интервале времени. Так, при подсчете площадей выходов интрузивных и эффузивных пород от плейстоцена до докембрия на весь Северо-Восток Азии подтвердился хорошо известный факт о пике магматизма в мелу (рис. 3). Этот период отвечает завершению аккреции террейнов и началу консолидации земной коры на палеоокраине континента, формированию окраинно-континентального Охотско-Чукотского вулканоплутонического пояса. Наиболее существенные тектоно-магматические события происходили в это время и в прилегающей океанической части Палеоокеана. Закартированные выходы магматических пород мелового возраста занимают до 40 % от всей площади магматитов



**Рис. 3.** Мезозойский максимум магматизма на Северо-Востоке Азии.

А – гистограмма распределения К-Аг дат в базе данных ГЕОХРОН. Б – гистограмма распределения площади интрузивных и вулканических образований в ГИС Атлас СВ России.

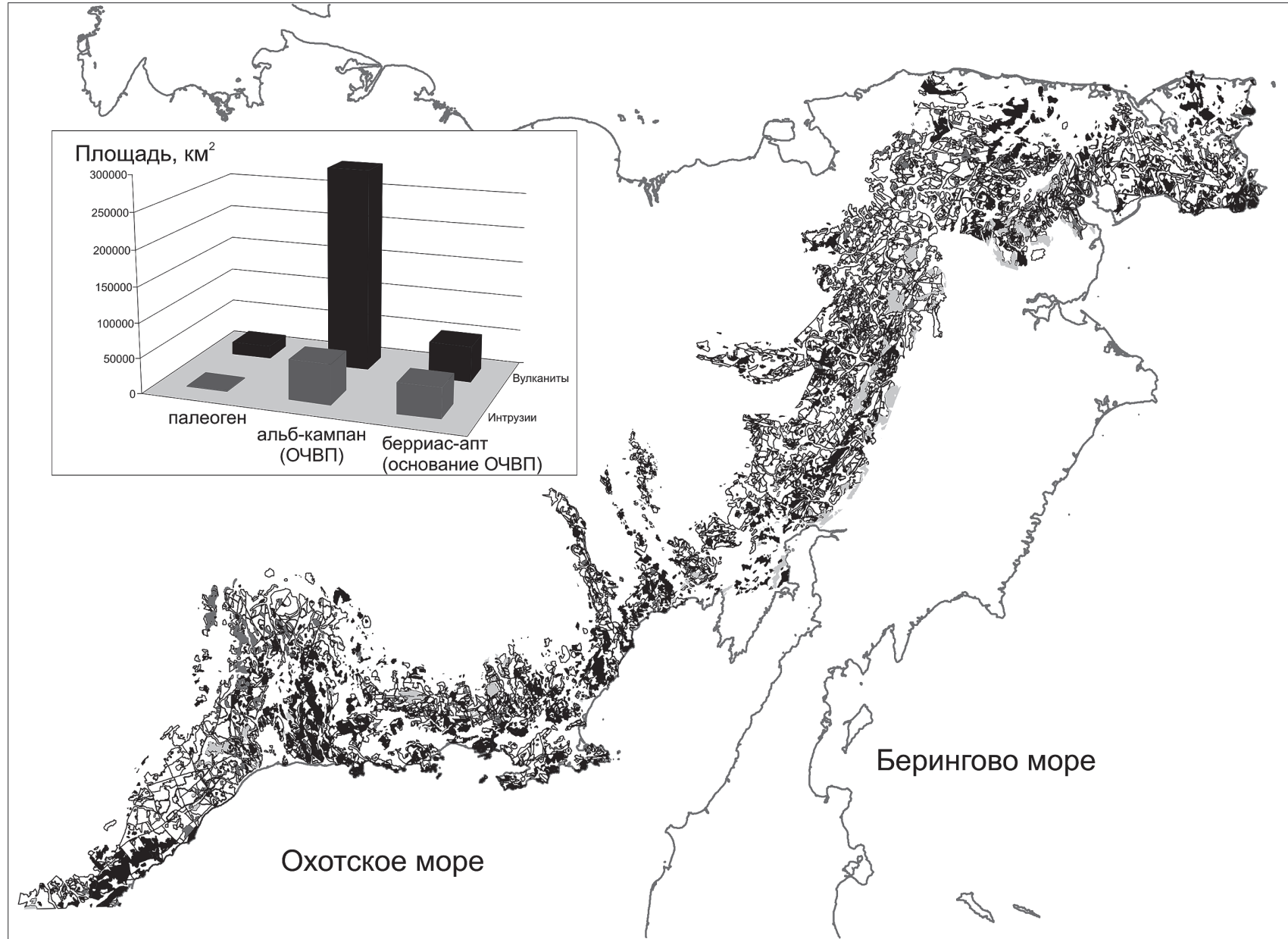
Северо-Востока России. На долю интрузивных образований приходится  $11485 \text{ км}^2$ , а на долю эффузивных (включая неразделенные вулканогенно-осадочные толщи и собственно лавовые и пирокластические фации) – около  $523697 \text{ км}^2$ . Условная магматическая активность в единицу времени, рассчитанная как отношение площади выходов магматитов на длительность каждого интересующего нас периода геологической шкалы времени, наибольшая для плейстоцена и составляет  $29360 \text{ км}^2$  за 1 млн лет. Если учитывать только интрузивную составляющую, то наибольшие темпы магматической активности характерны для мела –  $2466 \text{ км}^2$  за 1 млн лет. Анализируя магматическую активность, необходимо иметь в виду условность приводимых оценок, связанную с эрозионным срезом региона. Так, площади интрузивных пород конечно же не отражают реальные объемы внедренной магмы именно из-за отсутствия дан-

ных о распространении интрузий на глубинных и эродированных уровнях.

Большая часть изотопных датировок в БД ГЕОХРОН относится также к меловому периоду, однако здесь необходимо учитывать, что большинство К-Аг дат показывают не возраст кристаллизации магматитов, а возраст термальных событий, фиксирующих остывание пород до температуры блокирования (closure temperature) данной изотопной системы. Вычленив долю наложенных термальных событий в общем объеме меловых дат на данном этапе геохронологической изученности не представляется возможным.

Второй по площади (объему) пик магматизма приходится в современных границах Северо-Востока на юру, если учитывать и осадочные толщи с вулканической составляющей. Однако доля туфов и лав в осадочных образованиях при отсутствии их разделения в легендах к карте (и соответственно в атрибутивных таблицах ГИС) вычислена быть не может, поэтому более правильной может быть оценка площади только интрузивных и субвулканических образований. При таком подходе второй по площади после мела пик интрузивного магматизма приходится на девон ( $20671 \text{ км}^2$ ) – период рифтогенеза на Охотском и Омолонском массивах.

Особенный интерес представляет анализ вулканической активности в Охотско-Чукотском вулканогенном поясе (ОЧВП) (рис. 4). Общий объем альб-кампанских отложений, слагающих ОЧВП, мы оцениваем из материалов ГИС в  $2,9 \text{ млн км}^3$  (при принятой средней мощности в 1 км), что почти в 3 раза больше, чем это считалось раньше. Так, по данным В.Ф.Белого и И.Н.Котляра, общий объем извергнутых вулканических формаций составляет в ОЧВП около  $1043\text{--}1122 \text{ тыс. км}^3$  [4, 10] за период около 25 млн лет от среднего альба до сантона [5]. Таким образом, скорость вулканических накоплений составляла около  $0,05 \text{ км}^3/\text{год}$ , что представляется нам недостаточным, учитывая гигантскую протяженность пояса (более 3000 км). Последние прецизионные измерения возраста с помощью U-Pb SHRIMP датирования циркона и  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  датирования фенокристаллов санидина, биотита и амфибола в лавах показывают, что возраст главного объема вулканических накоплений во внешней зоне ОЧВП приходится на турон – ранний кампан (90–81 млн лет) [2]. В структурах Пегтымельского прогиба на Чукотке, Арманской вулканоструктуре в Северном Приохотье реконструируется катастрофический характер вулканизма, когда главный объем известково-щелочных вулкаников был извергнут в течение 2–5



**Рис. 4.** Охотско-Чукотский вулканогенный пояс (черным показаны интрузии, серым – субвулканические тела, белым – стратифицированные образования).

На врезке показаны площадные соотношения интрузий и вулканитов для трех главных стадий формирования ОЧВП.

млн лет [15, 17–19]. С учетом этих новых более надежных датировок скорость вулканических накоплений в отдельных вулканоструктурах достигала 0,15–0,36 км<sup>3</sup>/год (при общем объеме извержений во внешней зоне 723 тыс. км<sup>3</sup>). Все приведенные простейшие расчеты безусловно, предварительные, однако мотивируют к созданию более точных объемных моделей строения и эволюции ОЧВП. Наиболее перспективным нам представляется исследование пространственно-временных особенностей магматизма в пределах отдельных локальных вулканоструктур.

Анализ объемов интрузивного магматизма во времени также чрезвычайно важен, так как предполагается, что гранитоиды генерируют многие рудные месторождения. В качестве примера приведем Яно-Колымский золотоносный пояс, который представляет собой крупнейшую металлогеническую единицу на Северо-Востоке Азии и характеризуется обширными ареалами распространения россыпей золота, а также многочисленных рудных месторождений и проявлений золота, олова и сурьмы. Пояс прослеживается на расстояние более 1000 км, при ширине до 200 км (рис. 5). Наиболее значимое золото-кварцевое оруденение было сформировано в конце поздней юры–начале раннего мела в результате коллизии Колымо-Омолонского супертеррейна с Северо-Азиатским кратоном и приурочено к структурам пассивной окраины Северо-Азиатского кратона (Верхоянскому складчато-надвиговому поясу), Кулар-Нерскому и Вилигинскому перикратонным турбидитовым террейнам, а также Полоусно-Дебинскому террейну аккреционного клина, сложенного турбидитами [12, 14, 21]. Более 10 % территории Яно-Колымского пояса золотоносности, практически не выходя за его пределы, занимают выходы полнокристаллических гранитоидов с возрастом от поздней юры до позднего мела включительно. Нами был проведен анализ плотности пространственного размещения гранитоидов и золоторудных месторождений, в результате которого выявилось, что большая часть золоторудных объектов попадает на площади, где интервал насыщенности гранитоидами составляет 5–10 %. (рис. 6) [26]. Однако в расчетах не учитывались временные срезы активности интрузивного магматизма в силу отсутствия данных по всем гранитоидным телам региона. Появление таких данных позволит существенно уточнить генетические модели для золотого и оловянного оруденения этой металлогенической провинции, так как формирование интрузивного магматизма здесь может быть растянуто во времени.

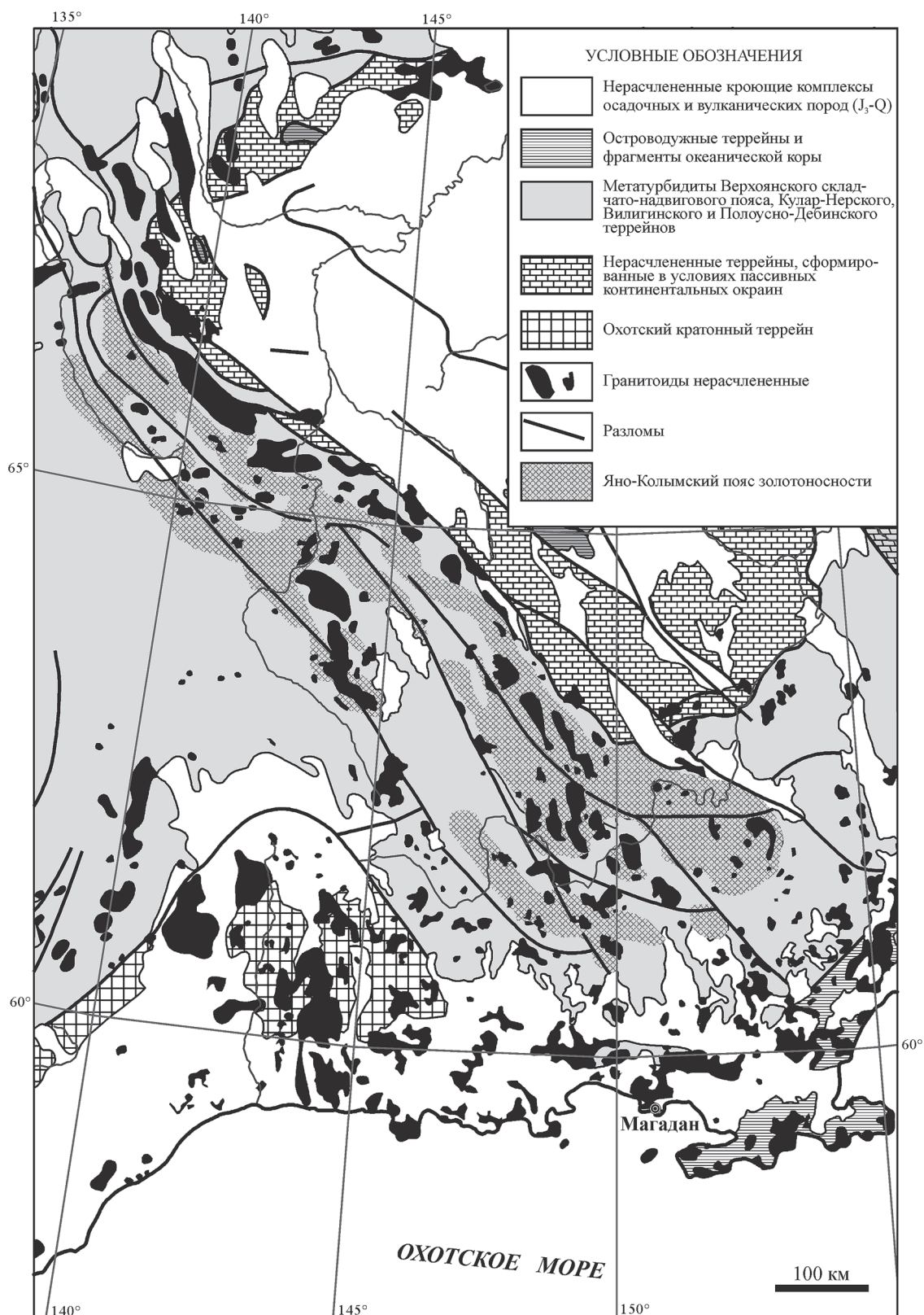
Наиболее древние массивы (150–160 млн лет) сложены кварцевыми диоритами, гранодиоритами

и монцогранитами с повышенным содержанием глинозема [20]. По геохимическим признакам они интерпретируются как субдукционные, внедрившиеся в период формирования Уяндино-Ясачненской вулканической дуги. Т.Б. Русакова и И.Н. Котляр [13] на основании результатов Rb-Sr и K-Ar датирования определили наиболее вероятный интервал их кристаллизации в 163–167 млн лет. В то же время, <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar метод дает значения около 150 млн лет по роговой обманке и биотиту для массивов: Басугуньинский, Бургагинский, Сылгынтарский, Одинокий, Таях-Тах, Бол. Чалбыкан, Нетчен-Хая, Рыжий [11]. В интервале 138–146 млн лет во время коллизии Северо-Азиатского кратона и Колымо-Омолонского супертеррейна кристаллизовались высокоглиноземистые мусковит-биотитовые граниты, причем наблюдается незначительное омоложение возраста гранитов в северо-западном направлении [11, 20]. Первые U-Pb SHRIMP датировки циркона из гранитоидов показали, что главный объем колымских батолитов и даек был сформирован в узком интервале времени около 150±3 млн лет назад, для басугуньинского комплекса (массивы Столовый и О'Кей) установлен более древний возраст 160–155 млн лет [3].

Субдукционные и коллизионные гранитоиды наиболее распространены в пределах Яно-Колымского золотоносного пояса. <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar датировки возраста золото-кварцевой минерализации дают широкий возрастной диапазон формирования этого типа оруденения от 140 до 110 млн лет [25]. Наиболее достоверные даты ограничены интервалом 125–139 млн лет, с которым не связано внедрение крупных интрузий. Наша интерпретация полученных датировок основывается на метаморфогенной модели мобилизации флюидов и металлов и формировании рудной минерализации в результате подъема и разгерметизации региона.

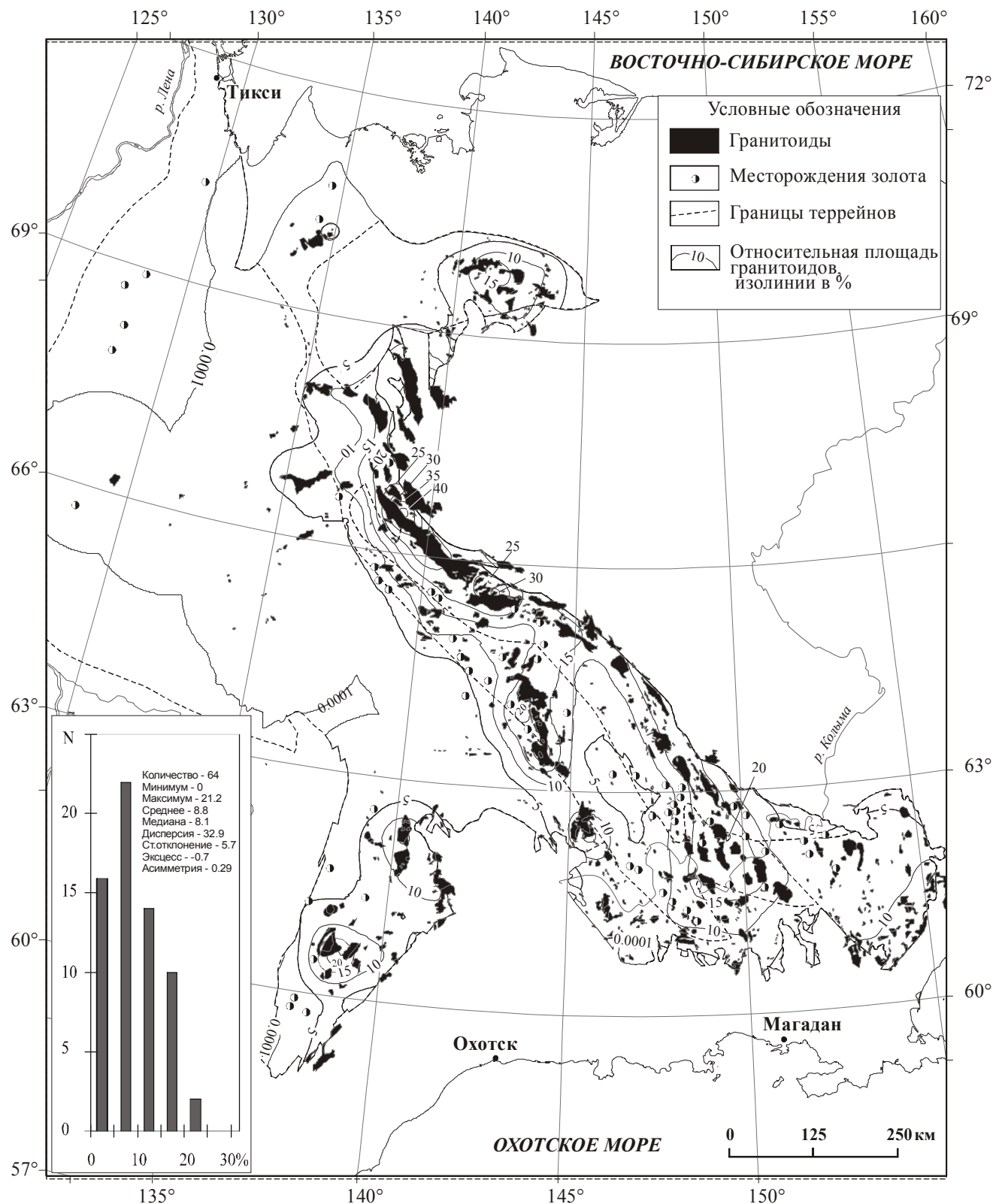
Более молодые интрузии имеют геохимические признаки, характерные для гранитоидов обстановок внутриплитного растяжения, или связаны с формированием Охотско-Чукотского вулканогенного пояса и характеризуются субдукционными геохимическими признаками [20]. В южной части Верхне-Колымского региона распространены гранитоиды, связанные с формированием Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. Это биотит-роговообманковые диориты, гранодиориты и граниты (массивы Улахан, Севастопольский, Тенгкечан и другие). Единичные <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar датировки биотита гранодиоритов массива Улахан соответствуют 97 млн лет. Биотитовые и субщелочные оловоносные граниты с геохимическими характеристиками формирования в зонах





**Рис. 5.** Схема локализации Яно-Колымского пояса золотоносности.

Тектоническая основа составлена по (GIS Compilation of Geophysical, Geologic, and Tectonic Data for Circum-North Pacific ed. E. Nokleberg and M. Digges, 1999). Границы пояса проведены по ареалам распространения россыпей и проявлений рудной минерализации [16].



**Рис. 6.** Изолинии относительной площади гранитоидов при отсекающей ячейке радиусом 40 км. Гистограмма в левом нижнем углу показывает распределение золото-кварцевых месторождений по зонам распространённости гранитоидов. Выделена зона максимальной насыщенности месторождениями [26].

растяжения распространены главным образом вдоль юго-западной окраины Верхне-Колымского региона (массивы Бутугычаг, Хениканджа, Урчан, Ачча, Днепровский с одноименными месторождениями и рудопоявлениями).  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  датировки минералов из магматических пород и рудной минерализации близки и примерно соответствуют 80 млн лет. Интересно, что большинство эпитермальных Au-Ag месторождений Охотско-Чукотского вулканогенного пояса характеризуются такими же датировками [11].

Таким образом, учет наиболее достоверных датировок в виде числовых полей в таблицах атрибутивной информации в ГИС по геологии Северо-Востока России позволит провести ряд расчетов, важных для понимания эволюции магматизма и оруденения, а также сделать количественные оценки некоторых генетических параметров.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представлен первый вариант региональной информационной системы, объединяющей геохронологическую базу данных ГЕОХРОН и ГИС по геологии Северо-Востока России. Анализ текущего состояния базы данных показывает, что оценка надежности существующих архивных изотопных дат затруднена и требует экспертного заключения. Особое значение приобретают в этой ситуации новые результаты прецизионного минерального  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  и U-Pb SHRIMP датирования. Главным и необходимым условием пополнения и развития базы данных является раскрытие как можно более полной информации о датируемом объекте, включая детали аналитических измерений. На ряде примеров продемонстрированы некоторые потенциальные возможности использования интегрированной системы. При подсчете площадей выходов интрузивных и эффузивных пород от плейстоцена до докембрия на весь Северо-Восток Азии подтвердился известный факт о пике магматизма в мелу, времени наиболее существенных и объемных тектономагматических событий на континентальной окраине и в прилегающей океанической части Палеопаифики. Для окраинно-континентального Охотско-Чукотского вулканогенного пояса, с учетом новых прецизионных датировок, устанавливается катастрофический характер формирования. Первые предварительные оценки показывают, что скорость вулканических накоплений в отдельных вулканоструктурах пояса достигала  $0,15\text{--}0,36 \text{ км}^3/\text{год}$  при общей длительности известково-щелочного вулканизма от 2 до 5 млн лет. Анализ плотности пространственного размещения гранитоидов и золоторудных месторождений в Яно-Колымском золото-

носном поясе показывает, что большая часть золоторудных объектов попадает на площади с интервалом насыщенности гранитоидами 5–10 %. Уточненные временные срезы активности интрузивного магматизма позволят существенно уточнить генетические модели для золотого и оловянного оруденения металлогенических провинций.

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ 06-05-64824а, гранта РФФИ-ДВО РАН “Дальний Восток” № 06-04-96049 и грантов ДВО РАН 06-III-A-08-349; 05-III-A-08-004; 04-1-01-010.

### ЛИТЕРАТУРА

- Акинин В.В., Котляр И.Н. “ГЕОХРОН” – компьютерная база данных изотопного датирования минералов, горных пород и руд Северо-Востока России // Магматизм и оруденение Северо-Востока России. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1997. С. 311–316.
- Акинин В.В., Ханчук А.И. Охотско-Чукотский вулканогенный пояс: ревизия возраста на основе новых  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  и U-Pb изотопных данных // Докл. РАН. 2005. Т. 404, № 5. С. 654–658.
- Акинин В.В., Миллер Э., Вуден Дж., Альшевский А.В., Горячев Н.А. U-Pb SHRIMP-датирование циркона из батолитов и рудоносных даек Яно-Колымского коллизийного пояса: первые результаты и геологические следствия // Изотопное датирование процессов рудообразования, магматизма, осадконакопления и метаморфизма: Материалы 3 геохронологической конференции. М.: ИГЕМ РАН, 2006. (в печати).
- Белый В.Ф. Формации и тектоника Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. М.: Наука, 1978. 213 с.
- Белый В.Ф. Геология Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1994. 76 с.
- Белый В.Ф., Белая Б.В. Поздняя стадия развития Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (верхнее течение р.Энмываам). Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1998. 108 с.
- Бондаренко Г.Е., Морозов О.Л., Лейер П., Минюк П.С. Новые данные Ar-Ar изотопного датирования магматических и метаморфических пород п-ва Тайгонос // Докл. РАН. 1999. Т. 369, № 1. С. 79–82.
- Геологическая карта Северо-Востока СССР. 1:1 500 000 / Гл. ред. М.Е. Городинский. Л.: ВСЕГЕИ, 1980.
- Каталог определений возраста горных пород СССР радиологическими методами, Северо-Восток СССР. Л.: ВСЕГЕИ, 1975. 547 с.
- Котляр И.Н., Белый В.Ф., Милов А.П. Петрохимия магматических формаций Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. М.: Наука, 1981. 223 с.
- Ньюберри Р.Дж., Лейер П.У., Ганз П.Б. и др. Предварительный анализ хронологии мезозойского магматизма, тектоники и оруденения на Северо-Востоке России с учетом датировок  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  и данных по рассеянным элементам изверженных и оруденелых пород. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2000.
- Парфенов Л.М., Натапов Л.М., Соколов С.Д., Цуканов Н.В. Террейны и аккреционная тектоника Северо-Востока Азии // Геотектоника. 1993. № 1. С. 68–78.

13. Русакова Т.Б., Котляр И.Н. Геохронология гранитоидных комплексов Главного Колымского батолитового пояса (Северо-Восток России) // Тихоокеан. геология. 2003. Т. 22, № 1. С. 3–17.
14. Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия) / Под ред. Парфенова Л.М., Кузьмина М.И. М.: МАИК “Наука/Интерпериодика”. 2001. 571 с.
15. Тихомиров П.Л., Акинин В.В., Исполатов В.О. и др. Асинхронность формирования Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (новые данные  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  и U-Pb геохронологии) // Тектоника земной коры и мантии: Материалы XXXVIII Тектонического совещания: М.: ГЕОС, 2005. Т. 2. С. 274–277.
16. Шило Н.А. Геологическое строение и коренные источники Яно-Колымского пояса россыпной золотоносности // Труды ВНИИ-1. Геология. Магадан: 1960. Вып. 63. С. 211–316.
17. Hourigan J.K., Akinin V.V., 2004, Tectonic and chronostratigraphic implications of new  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  geochronology and geochemistry of the Arman and Maltan-Ola volcanic fields, Okhotsk-Chukotka volcanic belt, northeastern Russia: Geological Society of America Bulletin, V. 116, N. 5/6. P. 637–654.
18. Ispolatov V.O., Tikhomirov P.L., Heizler M., Cherepanova I.Yu., 2004, New  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  Ages of Cretaceous Continental Volcanics from Central Chukotka: Implications for Initiation and Duration of Volcanism within the Northern Part of the Okhotsk-Chukotka Volcanic Belt (Northeastern Eurasia): Journal of Geology, V. 112. P. 369–377.
19. Kelley S.P., Spicer R.A., Herman A.B., 1999, New  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dates for Cretaceous Chauna Group tephra, north-eastern Russia, and their implications for the geological history and floral evolution of the North Pacific region: Cretaceous Research, V. 20, N. 1. P. 97–106.
20. Layer P.W., Newberry R., Fujita K., Parfenov L., Trunilina V., Bakharev A., 2001, Tectonic Setting of the Plutonic Belts of Yakutia, Northeast Russia, Based on  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  Geochronology and Trace Element Geochemistry: Geology, V. 29, N. 2. P. 167–170.
21. Nokleberg W.J., West T.D., Dawson K.M. et al. Summary terrane, mineral deposit, and metallogenic belt maps of the Russian Far East, Alaska, and the Canadian Cordillera // U.S. Geological Survey Open-File Report 98-136. 1998.
22. Staudigel H., Albarede F., Anderson D.L., Derry L., McDonough B., Shaw H.F., White W., Zindler A., 2001, Electronic data publication in geochemistry: A plea for “full disclosure”: Geochemistry, Geophysics, Geosystems, V. 2. P. Paper number 2001GC000234.
23. The geology of North America. The geology of Alaska.// Plafker G., Berg H.C. (Eds). Boulder, Colorado: The Geological Society of America, 1994. V. G-1. 1055 P.
24. Voroshin S.V., Melnik V.G., Zinkevich A.S. Development of geological GIS in Magadan Region / Proceedings of the Interim IAGOD Conference. Vladivostok. Russia. 1-20 September 2004. Metallogeny of the Pacific Northwest: Tectonics, Magmatism and Metallogeny of Active Continental Margins / Vladivostok: Dalnauka. 2004. P. 612–615.
25. Voroshin S.V., Newberry R.J., Layer P.W.  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating of Au-quartz mineralization in the Upper Kolyma Region (Magadan Oblast, Russia) / Proceedings of the Interim IAGOD Conference. Vladivostok. Russia. 1-20 September 2004. Metallogeny of the Pacific Northwest: Tectonics, Magmatism and Metallogeny of Active Continental Margins / Vladivostok: Dalnauka. 2004. P. 568–571.
26. Voroshin S.V., Zinkevich A.S. Spatial analysis of the granitoid and gold-quartz deposits distribution in the Yano-Kolyma belt by the GIS // II International Conference “GIS in Geology” Extended abstracts. Moscow: Vernadsky SGM RAS, VNIIGeosystem. 2004. P. 102.

Поступила в редакцию 19 мая 2006 г.

Рекомендована к печати Н.А. Горячевым

*V.V. Akinin, S.V. Voroshin*

### **Integration of chronological data bases and GIS for analysis of evolution of magmatism in Northeast Asia**

The first variant of the regional computer system integrating the geochronological data base GEOCHRON and GIS on the geology of Northeast Russia is offered. The current state of the data bases is discussed with constraints on some isotope dating methods and recommendations for collecting data. Some potentialities for the use of integrated information are demonstrated as exemplified by investigation of evolution of magmatic activity in the whole region, assessment of volcanic activity in the Okhotsk-Chukotka volcanic belt, and analysis of the density of spatial distribution of granitoids and gold deposits in the Yana-Kolyma gold-bearing belt.

**Key words:** isotopic geochronology, data bases, GIS, Northeast Asia.