

стован, в нем могут быть еще пещеры, пока что неизвестные. Поэтому местность, прилегающая к Турецкой крепости, имеет хорошие перспективы для дальнейших спелеологических исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сохин М.Ю., Долотов Ю.А. Подземные выработки у поселка Саук-Дере на Кубани // Вестн. Краснодарского регион. отд-ния Русского географич. о-ва: сб. статей. Вып. 9. – Краснодар, 2017. – С. 396-409.
2. Сохин М.Ю., Фатикова З.Х. Оборонительные сооружения «Голубой линии» как памятник исторической битве за Кавказ // Вестн. Краснодарского регион. отд-ния Русского географич. о-ва: сб. статей. Вып. 9. – Краснодар, 2017. – С.410-420.
3. Крымский район. – Текст электронный. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Крымский_район. (Дата обращения 15.03.2024).
4. Воробьев И.Е. Поиск ископаемых на Северо-Западном Кавказе: Краснодарский край и республика Адыгея. – Краснодар, 2014. – 300 с.

УДК 551.243

DOI:10.7242/echo.2024.1.5

БАЗА ДАННЫХ РАЗЛОМОВ СОЛИКАМСКОЙ ВПАДИНЫ

Д.Е. Трапезников, О.И. Галинова
Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: Представляются методика создания и содержание базы данных разломов Соликамской впадины (БД), обобщающей данные о разломах и разломных зонах, выделенных различными методами. На данный момент БД включает 355 разломов и разломных зон, снабжённых географической привязкой объектов, и спроецирован в WGS84. Каждый объект БД снабжён их названиями, данными о морфологии и кинематике, амплитудах смещений за разные отрезки времени, важнейших параметрах разломов, их кинематике в рамках принятой в структурной геологии типизации, ранге скорости позднечетвертичных движений и степени достоверности выделения разлома в качестве активного. База данных предполагает периодическое обновление и дополнение новой информацией.

Ключевые слова: Соликамская впадина, Верхнекамское месторождение солей, разломы, тектоника.

Введение

Исследование тектоники Соликамской впадины невозможно без составления единого реестра разломов в качестве отправной точки для анализа данных. В связи с этим данная работа является начальным шагом на пути к переоценке и анализу тектонического строения Соликамской впадины.

Базы данных (БД) стали неотъемлемым инструментом современных научных исследований. Однозначность и однородность представления информации в форме базы данных открывает широкие перспективы изучения геологических объектов и явлений.

Основными объектами предлагаемой базы данных (рис. 1) являются разломы и разломные зоны, расположенные на различных стратиграфических уровнях, выделенные различными авторами с помощью геологических, дистанционных и геофизических методов. Также в базу включены современные активные разломы. С практической точки зрения БД полезна для прогнозирования разного рода геодинамических опасностей, прежде всего, сейсмической, а также геомеханической, при проектировании подземных выработок. С другой стороны, БД имеет крайне важное научное значение в качестве основы при тектоническом и геодинамическом анализе.

В качестве основы строения БД с четко выстроенной структурой и приятными индексами нами использована База данных активных разломов Евразии (Zelenin et al, 2022).

В отличие от нее, в представленной БД разломы являются геологически разновозрастными структурами, располагающимися в различных стратиграфических и структурных комплексах и отражающими различные тектонические события.

Первая попытка собрать воедино все данные о разломах территории Соликамской впадины была предпринята двадцать лет назад в широко известной в определенных кругах монографии «Разрывная тектоника Верхнекамского месторождения солей» (Кудряшов и др., 2004). Опубликованная в монографии схема разломов (рис. 1) активно тиражируется в многочисленных публикациях и научно-исследовательских отчетах. В условиях интенсивной эксплуатации недр в пределах исследуемой площади специалисты часто обращаются к существующей схеме разломов для решения различных задач. Опыт последних лет показал, что схема требует определенной доработки и актуализации. Также стоит обратить внимание, что технические возможности по сведению в едином документе разнообразных картографических источников в начале 2000-х годов были крайне ограничены. В связи с этим одним из первых шагов в нашем исследовании было воссоздание схемы разломов ВКМС с помощью современных средств картографирования по первоисточникам.

2. Принципы и методы создания базы данных

Объектами базы данных являются разломы и зоны разломов, а также зоны предполагаемых дизъюнктивных нарушений, выраженные в геофизических полях. В качестве исходного материала для заполнения БД использованы различные геологические карты, тектонические схемы, карты четвертичных отложений и геофизических полей различных масштабов (от 1:10 000 до 1:1 000 000), как опубликованные, так и вышедшие в научно-исследовательских отчетах. Создание базы данных реализовано в программном комплексе со свободной лицензией QGIS посредством создания shp-файлов, спроецированных в WGS-84.

Разные исследователи, исходя из имеющихся у них данных и представлений, предлагают авторские варианты карт разломов для одной и той же территории. Посредством предлагаемой базы данных планируется аккумулировать все материалы по мере их поступления без их оценки и разбраковки. Это является как недостатком, так и преимуществом предлагаемой БД. С одной стороны, БД аккумулирует данные о разломах, которые в дальнейшем не подтвердятся другими методами исследований, или появятся новые данные, противоречащие более ранним. С другой стороны, важно отслеживать историю накопления данных и уточнять уже существующие структуры.

3. Описание свойств объектов базы данных

Геометрия разломов БД определяется координатами узлов их линий в shp-файле. Файл создан в результате векторизации бумажных карт или конвертации из базы данных активных разломов. Кроме графического отображения, формат shp-файла позволяет хранить дополнительную информацию в виде таблицы атрибутов. В общей таблице каждому объекту (разлому) соответствует отдельная строка, куда производится запись всех сведений о нем. В этой строке каждой характеристике объекта отвечает отдельное поле. Содержанием поля является значение соответствующего атрибута объекта БД.

В связи с этим необходимо подобрать определенные параметры, позволяющие в полной мере охарактеризовать каждый разлом. Кроме того, требуются дополнительные параметры, позволяющие сравнивать разломы относительно друг друга. За основу нашей базы данных принят формат хранения информации, предложенный в БД активных разломов (Zelenin et al, 2022), дополненный несколькими параметрами (табл. 1). Так, мы вслед за коллегами выделяем две группы атрибутов: обосновывающие и оценочные. Обосновывающие атрибуты представляют собой данные из материалов первоисточников, а оценочные присваиваются авторами Базы данных на основании нескольких параметров и характеристик разломов.

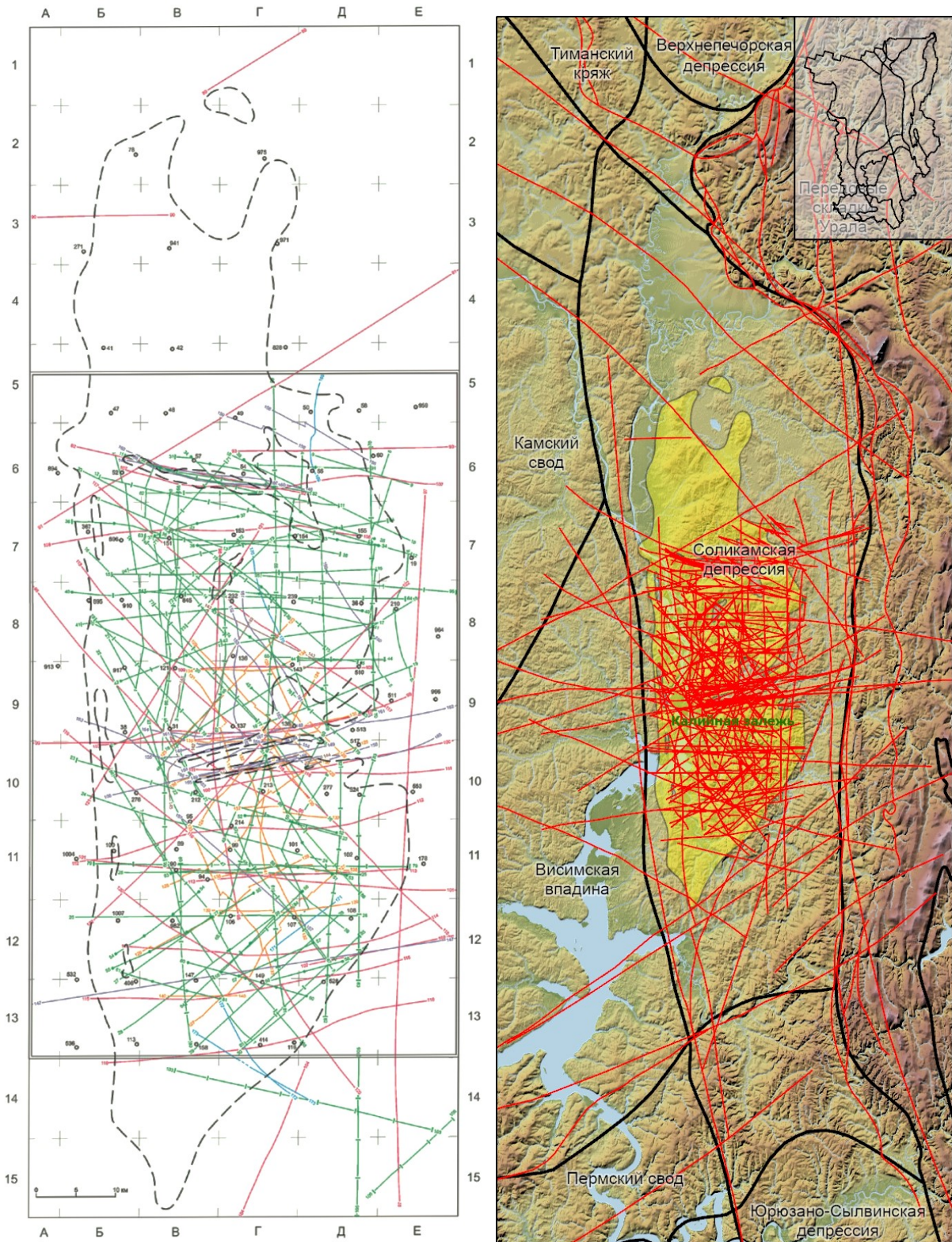


Рис. 1. Схема района исследования:

слева – схема разломов в пределах Верхнекамского месторождения солей (Кудряшов и др., 2004);
 справа – схема разломов, предлагаемая в рамках данной работы, наложенная на цифровую модель рельефа Соликамской впадины и ее окрестностей с элементами тектонического районирования. Цифровая модель рельефа подготовлена по материалам космической радарной съемки, данные с сайта viewfinderpanoramas.org; гидросеть представлена по материалам OpenstreetMap; и тектонического районирования по материалам В.М. Проворова (1973)

Обосновывающие атрибуты AUTH, NAME, PARM, TEXT, N_fault, method, strata, geometry, type и scale – максимально точно и развернуто представляют те сведения, которые присутствуют в первоисточниках. Эти сведения отражены в атрибутах как непосредственно – в виде кратких конкретных характеристик объектов, так и косвенно – в виде ссылок на источники, содержащие развернутое описание и обоснование этих характеристик.

Атрибут AUTH содержит сведения о первоисточнике в формате библиографической ссылки, перечисленной в списке литературы в этой статье, а также содержащейся в отдельном текстовом файле вместе с БД. Атрибут NAME содержит персонализированное название разлома или разломной зоны. Атрибут PARM содержит информацию о возрасте последних движений, скорости перемещений, кинематических параметрах, сейсмической активности и других конкретных сведениях, взятых из первоисточников. Эти сведения оформлены по определенным правилам записи в компактном виде, преимущественно в числовых значениях и символах-индексах. Атрибут PARM содержит сведения для определения значений оценочных атрибутов, в том числе, достоверности активности разломов.

Формат записи включает в себя элементы, названные маркерами свойств. После каждого маркера ставится знак равенства, за которым приводится значение свойства, обозначенного маркером. В качестве маркеров используются либо числовые индексы (см. http://neotec.ginras.ru/index/database/AFEAD_rasshifrovka-chislovyh-markerov-svoystv-gazlomov.pdf) или различные сокращенные термины и обозначения свойств объекта, расшифрованные в прилагаемом к БД гиде для пользователя, либо названия параметров, взятые из цитируемых первоисточников.

Кроме того, в предлагаемую базу интегрированы сведения из схемы разломов Верхнекамского месторождения (Кудряшов и др., 2004). В частности, нами сохранена нумерация разломов в упомянутой схеме, записанная в атрибуте N_fault, а также сведения о методе, с помощью которого был выделен тот или иной разлом, записанные в атрибуте method. Среди них разломы, выделенные по геологическим данным, по данным дистанционного зондирования Земли, а также разломы, выделенные с помощью геофизических методов (табл. 2).

Помимо атрибутов, фигурирующих в упомянутых источниках, нами введены несколько новых: ACT, strata, geometry, type, scale и prim. Атрибут ACT введен специально для разделения разломов активных и неактивных. Активные разломы заимствованы из БД активных разломов вместе с их характеристиками.

Таблица 1

Описание атрибутов БД разломов Соликамской впадины

Имя поля	Описания поля
fault_id	уникальный идентификатор
AUTH	библиографическая ссылка
NAME	наименование разлома и (или) разломной зоны
TEXT	дополнительные сведения о разломе
act	статус разлома, активный (active) или неактивный (inactive)
PARM	характеристики разлома, записанные в определенном формате
SNS1	главная компонента движения, преобладающий кинематический тип.
SNS2	второстепенная компонента, меньшая по амплитуде или менее выраженная.
SIDE	идентификатор относительно поднятого крыла структуры.
RATE	ранг скорости молодых тектонических движений в пределах структуры
CONF	ранг достоверности оценки нарушения как активной структуры.
N_fault	номер разлома в реестре из монографии (Кудряшов, 2004)
method	метод с помощью которого выделен разлом
strata	литолого-стратиграфические комплексы, вмещающие разломы
type	тип разлома (линия/line или зона/zone)
scale	знаменатель масштаба карты, на которой был выделен разлом
prim	краткое примечание

Таблица 2

Методы исследований, с помощью которых выделялись разломы

Метод выделения разломов	Индекс в shp-файле	Количество разломов
Геологические методы	geol	
Дистанционные методы (анализ аэро- и космоснимков)	RS	
Сейсморазведочные	seis	
Гравиразведочные	grav	
Магниторазведочные	magn	
Электроразведочные	elec	
Нет сведений	No	

Атрибут *strata* содержит сведения о стратиграфическом комплексе, в котором находится данный разлом, а точнее, какой комплекс пород пересекает тот или иной разлом (табл. 3). На данный момент мы разделяем разломы архейско-протерозойского фундамента и разломы осадочного чехла. Последние разделены более детально на сквозные разломы палеозойского осадочного чехла, разломы подсолевого комплекса палеозойского осадочного чехла, а также разломы солевого и надсолевого комплекса. К последним также относятся разломы, распространяющиеся глубже в солевой комплекс.

Атрибут *type* содержит сведения о типе выделенного разлома, а именно – выделен разлом в виде линии или некой зоны. В частности это актуально для некоторых разломов, которые выделены геофизическими методами, и их месторождение установлено в виде зоны.

Атрибут *scale* содержит информацию о масштабе карты, на которой был выделен тот или иной разлом. В некоторых источниках фигурируют детальные карты нескольких масштабов. Крупномасштабные, на которых выделены разломы, и обобщающие более мелкомасштабные карты. Чаще всего между разными масштабами наблюдаются разночтения. При заполнении базы предпочтение отдавалось более крупномасштабным картам, как наиболее точным.

Таблица 3

Литолого-стратиграфические комплексы, вмещающие разломы

Комплекс	Индекс в shp-файле
Архейско-протерозойский фундамент	B
Сквозные разломы палеозойского осадочного чехла	PZ
Подсолевой комплекс палеозойского осадочного чехла	SubSalt
Солевой комплекс	Salt
Надсолевой комплекс	TopSalt
Положение не установлено	No

Оценочные атрибуты SNS1, SNS2, SIDE, RATE и CONF проиндексированы ограниченным набором условных обозначений. Кинематическая характеристика объекта БД представлена комплексом из трех атрибутов (табл. 4, 5). Атрибут SNS1 является обязательным, так как обозначает главную компоненту тектонического движения и, соответственно, является ключевым признаком внесения разлома в БД. Атрибут SNS2 является дополнительной характеристикой и отображает второстепенную компоненту тектонического движения. Если второстепенной компоненты нет, то поле в БД остается пустым.

Атрибут SIDE является индикатором относительно поднятого крыла и заполняется только если какой-либо из первых двух атрибутов указывает на присутствие вертикальной составляющей движения. Отсутствие значения атрибута SIDE допустимо лишь для разломов без вертикального смещения – сдвигов и раздвигов. Все эти атрибуты являются оценочными, поскольку для выбора их значений анализируется весь комплекс обосновывающих атрибутов, касающихся кинематики объекта, и контекстных материалов, и учитываются структурные соотношения со смежными объектами БД.

Атрибут RATE отражает как скорость взаимного перемещения крыльев разлома, так и степень концентрации деформаций в пределах объекта как элемента зоны нарушений. В последнем случае под атрибутом RATE понимается, скорее, ранг объекта в общей системе нарушений, оцениваемый с учетом фонового уровня активности региона и насыщенности территории активными разломами.

Атрибут достоверности CONF определяет саму возможность внесения объекта в БД активных разломов. По степени достоверности признаков активности объекты БД разделены на четыре категории: А, В, С и D, где к категории А относятся наиболее достоверные, а к категории D наименее достоверные активные разломы. Объекты более низкой категории не могут переходить в более высокие категории достоверности, пока не получают конкретного обоснования своей активности.

Таблица 4

Кинематические типы разломов (атрибут SNS1 и SNS2)

Кинематический тип разлома	Индекс в shp-файле
Сброс	N
Листрический сброс	L
Взброс	R
Левый сдвиг	S
Правый сдвиг	D
Надвиг	T
Раздвиг	E
Недиагностируемое вертикальное смещение блоков	V
Кинематика не установлена	U

Таблица 5

Индикатор относительно поднятого крыла (атрибут SIDE)

Поднятое крыло структуры	Индекс в shp-файле
северное	+N
северо-восточное	+NE
восточное	+E
юго-восточное	+SE
южное	+S
юго-западное	+SW
западное	+W
северо-западное	+NW

4. Обсуждение результатов

Созданная геоинформационная база данных позволяет четко определить пространственное положение разломов в районе Соликамской впадины и ее окрестностей. Переведя исходные данные из графических объектов (растровых или векторных) в про-

странственные объекты, стало возможным выполнить увязку каждого разлома с первоисточником.

База данных разломов Соликамской впадины на текущий момент включает в себя сведения о 355 разломах и разломных зонах. Часть из них заимствована из схемы разломов Верхнекамского месторождения (Кудряшов и др., 2004), часть из БД активных разломов Евразии (Zelenin et al, 2022), а также из различных источников, ранее не учтенных (Проворов, 1973; Денисов, 1980; Харитонов, 2002). Концепция представленной базы данных предполагает ее постоянную актуализацию.

При использовании данных с обобщающей схемы разломов Верхнекамского месторождения (Кудряшов и др., 2004) нами было проведено перепроецирование самой схемы в программе QGIS, а также оцифрованы и спроецированы все первоисточники, на которые ссылаются авторы. Затем была проведена сверка вариантов разломов на общей схеме и на отдельных первоисточниках, в ходе которой были установлены значительные пространственные невязки. В некоторых случаях пространственное смещение достигало несколько сотен метров, а в отдельных достигало нескольких километров (рис. 2). Это указывает на преимущество современных методов картографических работ и необходимость актуализации данных.

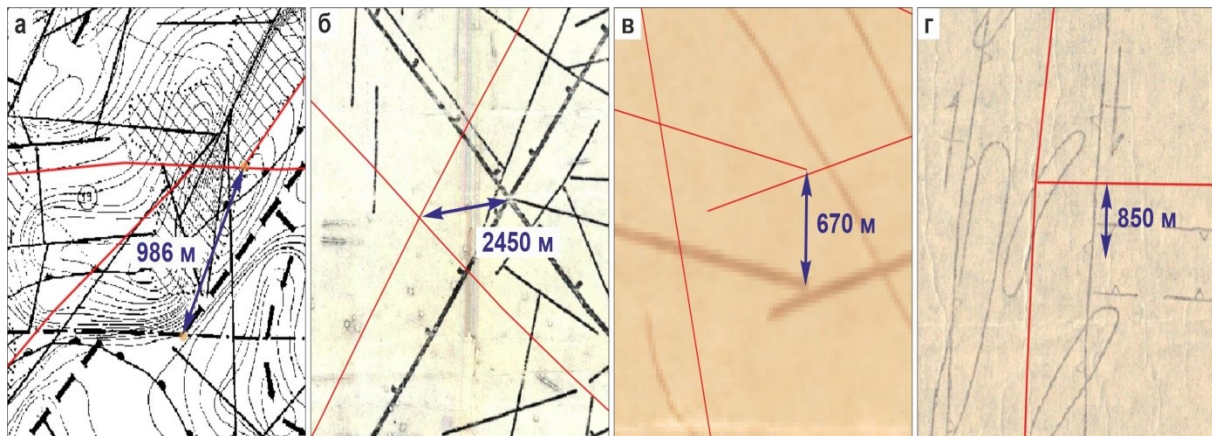


Рис. 2. Демонстрация смещения разломов (в метрах) на схеме разломов Верхнекамского месторождения (красные линии, Кудряшов и др., 2004), относительно оригинальных материалов: а – С.В. Аверьянов, 1992; б – Р.Н. Валеев, 1974; в – Л.Д. Нояксова, 1990; г – Г.Г. Кассин, 1985 и 1991

Выводы

Представляемая новая база данных разломов Соликамской впадины и прилегающей территории (БД) обобщила в едином ключе обширный и разнообразный объем материалов о разломах и разломных зонах различных источников. Этот материал, состоящий из 355 объектов, единообразно форматирован и снабжен географической привязкой и спроецирован в WGS 84.

База данных составлена по методике, частично заимствованной из базы данных активных разломов Евразии, разрабатываемой более 30 лет в лаборатории неотектоники и современной геодинамики ГИН РАН. Строение базы данных выстроено таким образом, что каждый её объект снабжен двумя видами атрибутов – обосновывающими и оценочными, записанными в унифицированном ключе.

Обосновывающие атрибуты содержат сведения о разломах, выделенные в первоисточниках, такие как названия, данные о морфологии и кинематике (направлении перемещений), амплитуды смещений за разные отрезки времени и другие характеристики, представленные в текстовом виде, а также сведения об источниках информации.

Оценочные атрибуты представляют собой систему символов (индексов), отражающих важнейшие параметры активных структур – их кинематику в рамках принятой в структурной геологии типизации, ранг скорости позднечетвертичных движений и степень достоверности выделения структуры в качестве активной. Эти индексы позволяют легко сопоставлять объекты по любому из атрибутов компьютерным способом между собой и с любыми другими видами оцифрованной информации.

Представленная база данных позволяет получить информацию об отдельных разломах и их проявлениях, а также решать более общие задачи – тематического картографирования, определения интенсивности и параметров проявления современных геодинамических процессов, оценки сейсмической и других геодинамических опасностей территорий, тектонического районирования, а также учитывать структуры при планировании горных работ. Формат построения БД допускает её постоянное пополнение и коррекцию с появлением новых сведений.

Дополнительные материалы

База данных разломов Соликамской впадины доступна для скачивания по ссылке <https://owncloud.aerologist.ru/index.php/s/CapXWQ7NB6ORBaw>. Данные включают в себя Базу данных разломов в формате shp-файла в системе координат WGS84 с сопроводительными материалами. Shp-файл подходит для изучения в любой ГИС-программе, в том числе QGIS и GoogleEarth. На текущий момент в БД хранятся записи 355 разломов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания «Процессы рудообразования и гипергенной трансформации эвапоритов Пермского Предуралья», рег. № НИОКТР 124020500052-9.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Опубликованные материалы

1. Разрывная тектоника Верхнекамского месторождения солей / [А.И. Кудряшов, В.Е. Васюков, Г.С. Фондер-Флаас и др.]; ГИ УрО РАН, ПГУ; под науч. ред. А.И. Кудряшова. – Пермь, 2004. – 194 с.: ил.
2. Кудряшов А.И. Верхнекамское месторождение солей. – 2-изд., перераб. – М.: Эпсилон Плюс, 2013. – 368 с.
3. Проворов В.М. Основные черты тектоники нижнепермских отложений и ее связь с глубинным строением Среднего Приуралья // Нижнепермские отложения Камского Предуралья. – Пермь, 1973. – С. 28-48. – (Тр. ВНИГНИ. Вып. 118).
4. Zelenin E.A, Bachmanov D.M., Garipova S.T., Trifonov V.G., Kozhurin A.I. The Active Faults of Eurasia Database (AFEAD): the ontology and design behind the continental-scale dataset // Earth System Science Data. – 2022. – V. 14, № 10. – P. 4489-4503.

Фондовые материалы

1. Детальные аэрогеологические и морфологические работы по уточнению геолого-структурного строения Верхнекамского месторождения калийных солей: Отчет о НИР / Аверьянов С.В. и др. – Екатеринбург, 1992. – (Фонды ОАО «Уралкалий»).
2. Отчет о геофизических работах на Верхнекамской площади за 1987–1989 гг. / Беляев. В.П. и др. – Пермь, 1989. – (Фонды ОАО «Уралкалий»).
3. Разломы фундамента, зоны тектонической трещиноватости Соликамской впадины и их влияние на катагенные и гипергенные преобразования пород продуктивной калиеносной зоны: [рукопись ВНИИгеолнеруд] / Валеев Р.Н. и др. – Казань, 1974. – (Фонды ОАО «Уралкалий»).
4. Отчет по геологическому доизучению масштаба 1:200000 групповым методом листов Р-40-XXXIII (южная половина), Р-40-XXXIV (юго-западная часть), О-40-III, О-40-IV (западная половина), О-40-IX (северная половина), О-40-X (северо-западная часть) в бассейнах рек Камы, Яйвы, Глухой

-
- Вильвы на среднем Урале за 1977–1980 гг. / Денисов М.И. и др. – Пермь, 1980. – (Фонды ФГУ Пермского ТФГИ).
5. Анализ результатов геологических и геофизических исследований по шахтному полю БКПРУ–2 Верхнекамского месторождения калийных солей: Отчет о НИР / ВНИИГ; Джиноридзе Н.М. и др. – Л., 1987. – (Фонды ОАО «Уралкалий»).
 6. Анализ результатов геологических, гидрогеологических и геомеханических исследований по комплексному освоению минеральных ресурсов Соликамской впадины: Отчет о НИР / ОАО «ВНИИГ», фирмы «Агрохимбезопасность»; Джиноридзе Н.М. и др. – СПб.; М., 2002. – (Фонды ГИ УрО РАН).
 7. Обобщить результаты геологических исследований Верхнекамского месторождения калийных солей с целью выявления площадных изменений структурных и литогеохимических параметров промышленной зоны, водозащитной толщи и надсолевого комплекса пород: Отчет о НИР / АО ВНИИГ; Джиноридзе Н.М. и др. – СПб, 1997. – (Фонды ОАО «Уралкалий»).
 8. Обобщение материалов детальных аэромагнитных съемок в комплексе с другими геофизическими методами на территории Пермского Приуралья: Отчет о НИР / УГИ; Кассин Г.Г. – Свердловск, 1985. – (Фонды ФГУ Пермского ТФГИ).
 9. Геологическая интерпретация результатов детальных гравиметрических и магнитных съемок: Отчет о НИР по теме 62–203–89 / УГИ; Кассин Г.Г. и др. – Свердловск, 1991. – (Фонды ОАО «Уралкалий»).
 10. Отчет о результатах гравиметрической съемки м-ба 1:25000 Верхнекамской площади, проведенной в 1986–1990 гг. ПГО «Уралгеология» / Нояксова Л.Д. и др. – Свердловск, 1990. – (Фонды ОАО «Пермнефтегеофизика»).
 11. Отчет о доразведке северной части Быгельско–Троицкого, южных частей Соликамского и Ново-Соликамского участков Верхнекамского месторождения калийных солей, выполненной в 1991–1999 гг. / Плотников Ю.А. и др. – Березники, 2002. – (Фонды ОАО «Уралкалий»).
 12. Отчет по геологическому доизучению масштаба 1:50000 Верхнекамской площади с общими поисками в соликамском, Усольском и Березниковском районах Пермской области, выполненном в 1988–1991 г.г. / Харитонов Т.В.; «Геокарта». – Пермь, 1992. – (Фонды ФГУ Пермского ТФГИ).
-