

РОЛЬ РАЗЛОМОВ В ФОРМИРОВАНИИ ОБВОДНЕННЫХ ЗОН БАЙКАЛО-АЛДАНСКОЙ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОБЛАСТИ

А.Т. Сорокина

Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск

Рассматриваются особенности формирования и локализации подземных вод в криогенных массивах Байкало-Алданской гидрогеологической области. Установлено, что в распределении областей питания, разгрузки и накопления подземных вод решающая роль принадлежит тектогенезу и сейсмичности, которые способствуют прерывистости мерзлоты и формированию зон повышенной обводненности. Определены основные критерии обводненности водовмещающей среды в гидрогеологических массивах: генезис разломов, их динамичность, раскрытость и проницаемость, состав и степень трещиноватости водовмещающих пород, гипсометрическое положение зон дробления по отношению к базису дренирования. Проведено районирование Байкало-Алданской области по степени раскрытости разрывных нарушений и их обводненности, выделены районы с повышенной проницаемостью горных пород: Усть-Нюкжинский, Тындинский, Джагдинский. Дана оценка гидрогеологической роли разломов (транзитные, питающие, водособирающие, водораспределяющие, водоаккумулирующие). Охарактеризованы гидрогеологические резервуары с учетом морфологического облика (грабены, грабен-долины, структурно-тектонические, гидрографические узлы), строения (одно-, двухъярусные), характера скопления подземных вод (трещинно-пластовые, трещинно-жильные, пластово-поровые), обладающие высокими эксплуатационными возможностями вследствие единства поверхностного и подземного стока, интенсивного водообмена, высоких значений модуля подземного стока и прогнозных эксплуатационных ресурсов. Наиболее обводненные участки рассматриваются с позиций использования для целей водоснабжения.

Ключевые слова: гидрогеологические массивы, разломы, структурно-тектонические узлы, обводненные зоны, Восток России.

ВВЕДЕНИЕ

На основании обобщения и анализа материалов по разломной тектонике Дальнего Востока и сопредельных территорий [2–5, 10, 11, 13, 14, 29 и др.] в пределах рассматриваемого региона автором выделены четыре группы разрывных нарушений: структурные швы, генеральные, региональные и локальные разломы [25]. Первые из них (протяженностью более 500 км) ограничивают крупные элементы земной коры, вторые (50–250 км) разделяют отдельные блоковые структуры, третьи (до 50 км) – внутриблоковые, а четвертые являются преимущественно оперяющимися более крупных тектонических нарушений.

Структурные швы в Байкало-Алданской складчатой области представлены Становым, Северо-Тукурингским и Южно-Тукурингским разломами. Среди разрывных структур, относимых к *генеральным*, выделяются Ханьинский, Имангра-Чембаркасский, Тас-Юряхский, Лопчинский, Дырын-Юрях-

ский Тунгирский, Эльгаканский, Чильчинский, Тунгурчиканский, Ларбинский, Уленский, Сигиктинский, Гетканский, Тындинский, Джелтулакский, Малонюкжинский, Унахинский, Гилюйский, Сугдjarский, Удыхинский и Сергачинский разломы. Подвижки по вышеприведенным нарушениям отмечаются периодически с палеогена по настоящее время.

В пределах Байкало-Алданской гидрогеологической области вышеприведенные разрывные нарушения формируют сложный тектонический каркас гидрогеологических систем и фиксируют границы между Становым, Тында-Зейским и Янкано-Тукурингро-Джагдинским гидрогеологическими массивами и Верхнезейским криогенным артезианским бассейном (рис. 1). По мнению автора, разломы не образуют самостоятельных и изолированных емкостей подземных вод, а являются лишь составной частью гидрогеологических систем и связующим звеном между различными гидрогеологи-

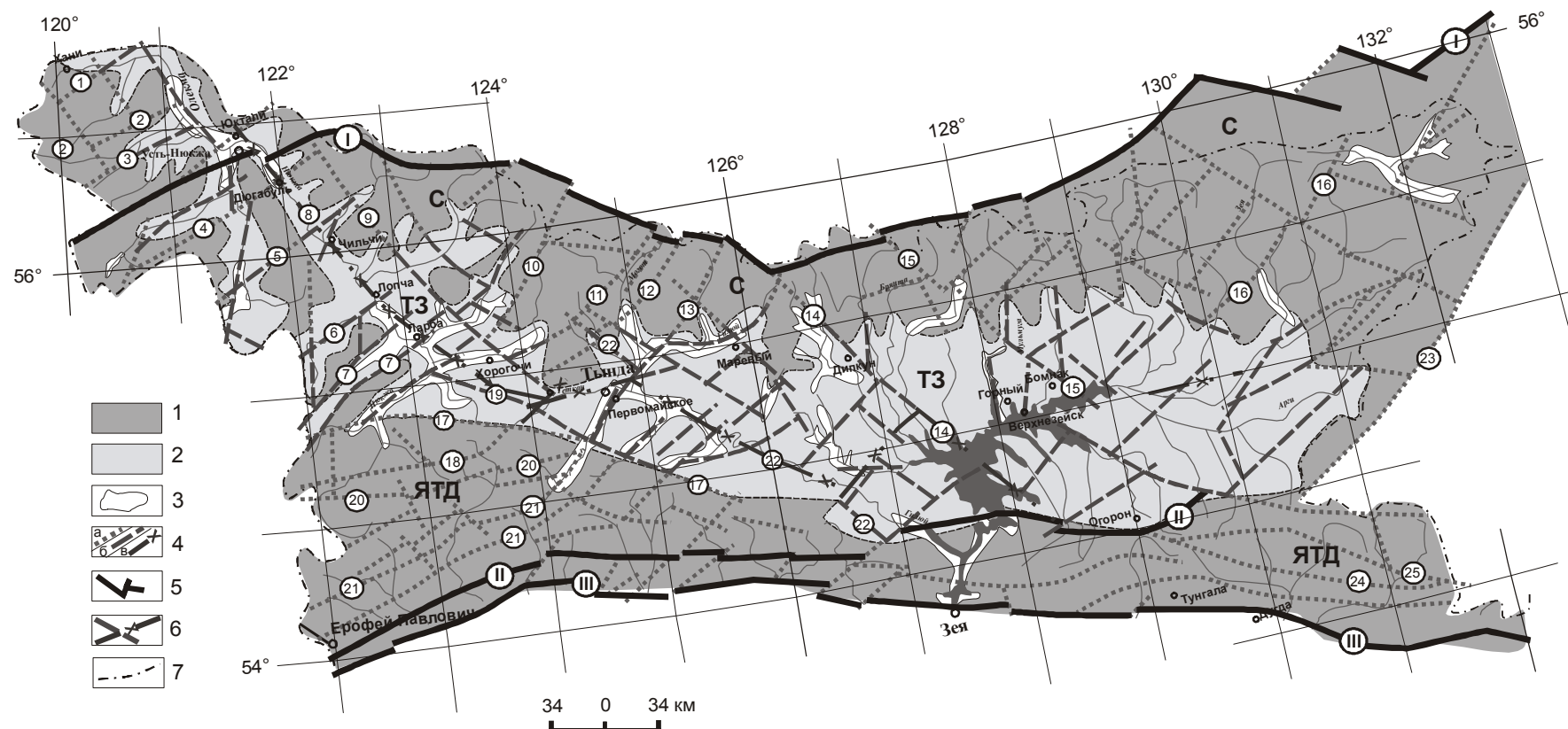


Рис. 1. Распределение областей питания, транзита и накопления подземных вод в Байкало-Алданской гидрогеологической области.

1 – область питания и быстротечного транзита; 2 – область накопления; 3 – резервуары с повышенной обводнённостью; 4 – разрывные нарушения: водопродводящие (а), водораспределяющие (б), водособирающие (в); 5 – основные структурные ограничения гидрогеологических систем (швы); 6 – структурно-тектонические узлы (зоны разгрузки); 7 – граница Амурской области. Буквы на рисунке: гидрогеологические массивы: С – Становой, ЯТД – Янкано-Тукурингро-Джагдинский, ТЗ – Тында-Зейский. Цифры на рисунке – структурные швы: I – Становой, II – Северо-Тукурингрский, III – Южно-Тукурингрский; генеральные разломы: 1 – Ханийский, 2 – Имангра-Чебаркасский, 3 – Тас-Юряхский, 4 – Дырын-Юряхский, 5 – Чильчинский, 6 – Лопчинский, 7 – Эльгаканский (Мало-Даванакский), 8 – Нюкжинский, 9 – Тунгурчиканский, 10 – Ларбинский, 11 – Уленский, 12 – Сигиктинский, 13 – Тындинский, 14 – Унахинский, 15 – Сугджарский, 16 – Джагарминский, 17 – Джелтулакский, 18 – Урикминский, 19 – Гетканский, 20 – Малонюкжинский, 21 – Сергачинский, 22 – Гилюйский, 23 – Удыхинский, 24 – Чампулинский, 25 – Желтулинский.

ческими резервуарами. На одних участках они служат путями транзита подземных вод, водовыводящими каналами, на других – питающими или формирующими сквозные проницаемые зоны, а на третьих – выступают в качестве экрана (барража) на пути движения подземных вод. Через зоны, пространственно совпадающими со структурными швами, генеральными и региональными нарушениями, в местах, где они подновлены или приурочены к узлам пересечения разнонаправленных разломов, осуществляется тесная связь трещинно-жильных, трещинно-пластовых и пластово-поровых вод. Здесь формируются обводненные емкости, которые в рассматриваемом регионе имеют дифференцированное размещение.

СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ И СТРОЕНИЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Становой, Тынды-Зейский и Янкано-Тукурингро-Джагдинский гидрогеологические массивы Байкало-Алданской гидрогеологической области являются криогенными с мощностью многолетней мерзлоты до 500 м. По орографическим особенностям Становой и Янкано-Тукурингро-Джагдинский гидрогеологические массивы соответствуют среднегорным, интенсивно расчлененным (абс. высота от 1000 до 1700 м, врез рек до 600 м), а Тынды-Зейский является низкогорным выровненным (пенепленизированным) с абсолютной высотой от 500 до 1000 м и врезом рек до 300 м. Различия в их высотных характеристиках определяют отличия в условиях питания, интенсивности водообмена и характере разгрузки, а также в особенностях формирования химического состава подземных вод.

Становой и Тынды-Зейский гидрогеологические массивы сложены преимущественно докембрийскими метаморфическими и интрузивными образованиями с батолитами позднемезозойских магматических пород. Они характеризуются неоднородным строением и состоят из целого ряда низкопорядковых гидрогеологических массивов двух типов. Первый тип – Тас-Юряхский, Олекминский, Нюкжинский, Верхнеунахинский, Верхнесутамский, Ток-Майский и др. – крупные (от 5000 до 12000 км²) купольные, интенсивно расчлененные среднегорные гидрогеологические массивы; второй тип – Западно-, Восточно-Предстановой и Гилуйский – представлен выровненными, слаборасчлененными пенепленизированными гидрогеологическими структурами. В свою очередь, все они включают более мелкие гидрогеологические массивы, выраженные

в виде сводовых и интрузивно-купольных структур, содержащих трещинные и трещинно-жильные надмерзлотные и подмерзлотные воды.

Помимо этого, в пределах Становой и Тынды-Зейского гидрогеологических массивов развиты вулканоплутонические структуры в виде поднятий или грабен-синклиналей площадью 10–30 км², которые формируют криогенные вулканогенные бассейны пластово-трещинных вод (Нижне- и Среднеларбинский, Ларбинский, Моготский, Верхнебрянтинский, Ираканский, Уганский и др.). Они приурочены к границам гидрогеологических массивов и контролируются системами генеральных и региональных разломов. Спорадически, на площадях до 50 км², распространены юрские и нижнемеловые терригенные отложения, выполняющие адартезианские бассейны (Малоэльгаканский, Ханийский, Чульманский, Гонамский, Унахинский, Моготский и др.) с развитием напорных, преимущественно подмерзлотных пластово-трещинных вод.

Сложно построен и Янкано-Тукурингро-Джагдинский криогенный гидрогеологический массив. Он состоит из Янкано-Тукурингрского гидрогеологического массива и Джагдинского адмассива. Северная часть первого из них представляет Могочинский (до 800 км²), а южная – Урканский (до 3000 км²) гидрогеологические массивы. В пределах Янкано-Тукурингрского гидрогеологического массива распространены поля средневерхнеюрских эффузивов, слагающих Сергачинский, Большеольдойский и другие вулканогенные бассейны, а также верхнеюрские и нижнемеловые осадочные породы, формирующие Урушинский, Стрелкинский, Верхнетындинский и другие адартезианские бассейны площадью от 30 до 200 км². Джагдинский криогенный адмассив состоит из двух более мелких: Малотындинского и Джагдинского, которые вмещают трещинные и трещинно-жильные, реже трещинно-пластовые воды. Границы между вышеуказанными гидрогеологическими массивами, как правило, фиксируются разломами.

ЗОНЫ ПОВЫШЕННОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ И ОБВОДНЕННОСТИ В ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Для установления закономерностей в размещении наиболее проницаемых и обводненных зон в пределах Байкало-Алданской гидрогеологической области автором были использованы опубликованные [1, 6, 7, 12, 15–19, 21, 24–28 и др.] и фондовые [Аткачис, Брикловский, 1974 г.; Сидоркин и др., 1985 г., 1988 г., 1993 г., 1995 г.; Соколов, 1984 г.; Дураченко,

1980 г., Сидоркин, Кулаков, 1985 г.; Сорокина, 1995 г.; Ваненко, Сорокина, 1974 г.; Костяева и др., 1985 г.; Романова, 1995 г.; Путянин, 1983 г.; Рейнлиб, 1988 г. и др.]* материалы региональных геологических, гидрогеологических, инженерно-геологических, геофизических исследований в связи со строительством БАМа, а также поисково-разведочных работ с целью водоснабжения железнодорожных станций и населенных пунктов.

В процессе обобщения и анализа вышеуказанных материалов установлено, что гидрогеологические характеристики и параметры, определяющие проницаемость и водообильность пород в гидрогеологических резервуарах Байкало-Алданской гидрогеологической складчатой области, весьма изменчивы. Отдельные их части (наиболее приподнятые над урезом реки) – безводные, вследствие сдренированности, промороженности или слабой трещиноватости пород. Другие, наоборот, обладают повышенной обводненностью, ввиду особых природных условий и свойств, присущих локальным участкам или территориям. Особенности строения резервуаров подземных вод, наличие в породах трещиноватости или слоистости, генетические и вещественные признаки водовмещающей среды, в свою очередь, определяют многообразие факторов, обуславливающих изменчивость гидрогеологических условий по площади.

Важным критерием обводненности водовмещающей среды в гидрогеологических массивах является генезис разломов. Становой, Северо- и Южно-Тукурингский структурные швы развивались в процессе сжатия земной коры с преобладанием горизонтального типа движений, сформировавших взбросы, надвиги, сдвиги, которые гидрогеологически активны только в приповерхностной части. Сдвиговые, сбросовые и надвиговые дислокации сопровождалась образованием тектонической глинки трения и интенсивной милонитизацией, создавших препятствия на пути движения подземных вод. В пределах Станового, Северо-Тукурингского и Южно-Тукурингского структурных швов повышенной обводненностью обладают лишь участки пересечения структурных швов с региональными и генеральными нарушениями.

В отличие от структурных швов, значительная часть региональных и генеральных разломов Байкало-Алданской гидрогеологической области развивались в значительной мере в условиях растяжения и представлены сбросами и сбросо-сдвигами, которые

более раскрыты и способствуют поступлению вод глубокой циркуляции к поверхности земли.

Современная раскрытость и проницаемость разрывных нарушений рассматриваемой территории во многом определяется сейсмическими процессами с четко выраженной зональностью распределения сейсмических напряжений. В северной части этого региона располагается Байкало-Становой взбросо-надвиговый и сдвиговый, а южнее его – Монголо-Охотский сдвиговый пояса близширотного направления [14]. Первый из них включает Олекмо-Становую и Амазаро-Джагдинскую сейсмические зоны. В Олекмо-Становой зоне за 20-летний период инструментальных наблюдений было зафиксировано более пяти тысяч толчков и три 9–10-балльных землетрясения. Очаги локализации указанных землетрясений образуют протяженную цепь, вытянутую в близширотном направлении от р. Олекмы до Охотского моря. Южнее, вдоль хребтов Янкан, Тукурингра, Джагды от Забайкалья до Охотского моря, располагается Амазарско-Джагдинская зона. В пределах ее в течение 1972–1980 гг. отмечено 6 землетрясений с интенсивностью 8–9 баллов. Районы с 9-балльной интенсивностью землетрясений охватывают западную половину Янкано-Тукурингро-Джагдинского поднятия. Высокая сейсмичность его определяет современную тектоническую подвижность ограничивающих его Северо-Тукурингского и Южно-Тукурингского структурных швов.

На обводненность трещинных коллекторов в гидрогеологических емкостях влияет также гипсометрическое положение зон дробления и трещиноватости по отношению к базису дренирования. В пределах водораздельных частей (абс. отм. 1000–1400 м) среднегорных, интенсивно расчлененных Станового и Янкано-Тукурингро-Джагдинского криогенных гидрогеологических массивов разрывные нарушения нередко представлены в виде зияющих сухих трещин вследствие высокого гипсометрического положения и сдренированности водораздельных участков. Здесь разрывы играют двойную роль: с одной стороны, они выполняют роль водопроводящих каналов и быстротечного транзита, а с другой – являются водособирающими и питающими для глубоких водоносных горизонтов через структурно-тектонические узлы. К первым из них относятся Ларбинский, Уленский, Сигиткинский, Тындинский, Унахинский и др., ко вторым – Нюкжинский, Гиллюйский и др. (рис. 1).

*Рукописные работы, хранящиеся в территориальных геологических фондах (гг. Хабаровск, Благовещенск).

Конкретная роль разлома в локализации подземных вод определяется также составом пород, в которых он заложен, и положением в рельефе. При этом, состав вмещающих пород нередко предопределяет степень и глубину обводненности разломов. Так, Становой шов развит преимущественно в кристаллических, глубоко метаморфизованных породах протерозойского и гранитоидах мезозойского и докембрийского возраста. Указанные породы характеризуются наличием открытых трещин, формирующих емкостную водовмещающую среду, однако обладающую изменчивыми фильтрационными способностями. В отличие от Станового Южно- и Северо-Турурингский структурные швы заложены в песчаниково-сланцевых породах мезозоя и палеозоя. Многократные перемещения крупных блоков горных пород вдоль этих разломов сопровождалось дроблением, перетиранием горной массы внутри разлома, коагуляцией трещин, что обусловило их слабую проницаемость для движения подземных вод.

Результаты интерпретации вышеприведенных данных, с учетом геодинамических построений [8, 9, 29], материалов по гелиеметрическим исследованиям (площадная водно-гелиевая съемка, профильное газошламовое опробование) свидетельствуют о неравномерной степени проницаемости земной коры рассматриваемого региона. В зонах разрывных нарушений, находящихся в условиях растяжения, формируются участки повышенной раздробленности горных пород, которые служат емкостями трещинных и трещинно-жильных вод. В отличие от них, разломы, образованные в условиях сжатия, преимущественно закрыты, слабо водоносны, создают емкостную трещиноватую среду только при наличии узлов разрывных нарушений, а на участках пересечения последних речной сетью становятся обводненными. По этому принципу автором [25] в пределах Байкало-Алданской гидрогеологической области выделены три района: Усть-Нюкжинский, Тындинский и Джагдинский, характеризующиеся высокой степенью раскрытости разрывных нарушений и повышенной проницаемостью горных пород (рис. 2). К ним приурочены гидрогеологические резервуары и обводненные емкости, различные по морфологическому облику, одноили двухъярусного строения, вмещающие значительные ресурсы как пресных, так и минеральных вод.

Усть-Нюкжинский район

Район расположен на границе Амурской и Читинской областей и республики Саха (Якутия). Он охватывает бассейны Хани и Олекмы с их притоками – Имангра, Куранах, Тас-Юрях, Юктали, Талума и др. Ширина района достигает 80 км, протяжен-

ность – более 100 км. В формировании зон повышенной проницаемости здесь существенную роль сыграли Имангра-Чебаркасский, Тас-Юряхский, Дырын-Юряхский, Ханыйский генеральные разломы, постоянно подновляемые в периоды сейсмической деятельности, оцениваемой 7–10 баллами (Ханийское, Среднеолекминское, Нюкжинское, Тас-Юряхское землетрясения). Глубинный характер разрывных нарушений подтверждается аномалиями водорастворенного гелия с концентрациями $1800\text{--}9000 \cdot 10^{-5}$ мл/л при фоне $1,5 \cdot 10^{-5}$ мл/л [20]. Значения коэффициента раскрытости здесь довольно высокие и изменяются от 0,7 до 1,0.

Гидрогеологические резервуары в Усть-Нюкжинском районе приурочены к грабенам, грабен-долинам, гидрографическим и структурно-тектоническим узлам [22]. Обводненные емкости в грабенах и грабен-долинах развиты как в четвертичных отложениях, так и в подстилающих их неогеновых и более древних породах. Структурно-тектонические узлы, связанные с пересекающимися тектоническими нарушениями, в породах фундамента и в местах отсутствия осадочного чехла характеризуются незначительной площадью. В отличие от них, гидрографические узлы представляют собой обводненные емкости более значительных размеров. Они приурочены к слиянию разнопорядковых водотоков, которые наследуют тектонически ослабленные зоны и имеют, как правило, двухъярусное строение.

Грабены и грабен-долины развиты в долинах Хани, Имангры, Олекмы, Юктали, Талумы. Наиболее крупные из них – Ханыйский и Имангра-Чебаркасский – имеют ширину 1–4 км при протяженности до 30–40 км. Они выполнены верхнеюрскими породами, в которые нередко вложены четвертичные аллювиальные отложения. Мощность чехла этих структур достигает 250 м. Ограничивающие их Ханыйский, Имангра-Чебаркасский и Тас-Юряхский разломы имеют северо-восточное и северо-западное простирания. По кинематике движения – это сбросы с углами падения от 40° до 70° . С ними связаны сквозные талики протяженностью более 6 км, установленные в долинах Хани, Имангры, Талумы и др. Талики вытянуты прерывистой цепочкой вдоль русел указанных рек, имеют размеры до 300×350 м и прослежены, по данным геофизических исследований, до глубины 300 м. Наиболее мощные талики приурочены к молодым разломам северо-восточного и северо-западного направлений, секущих либо совпадающих с тальвегом древней долины Хани. По геофизическим данным, здесь четко выделяются локальные зоны тектонических нарушений мощностью 100–150 м,

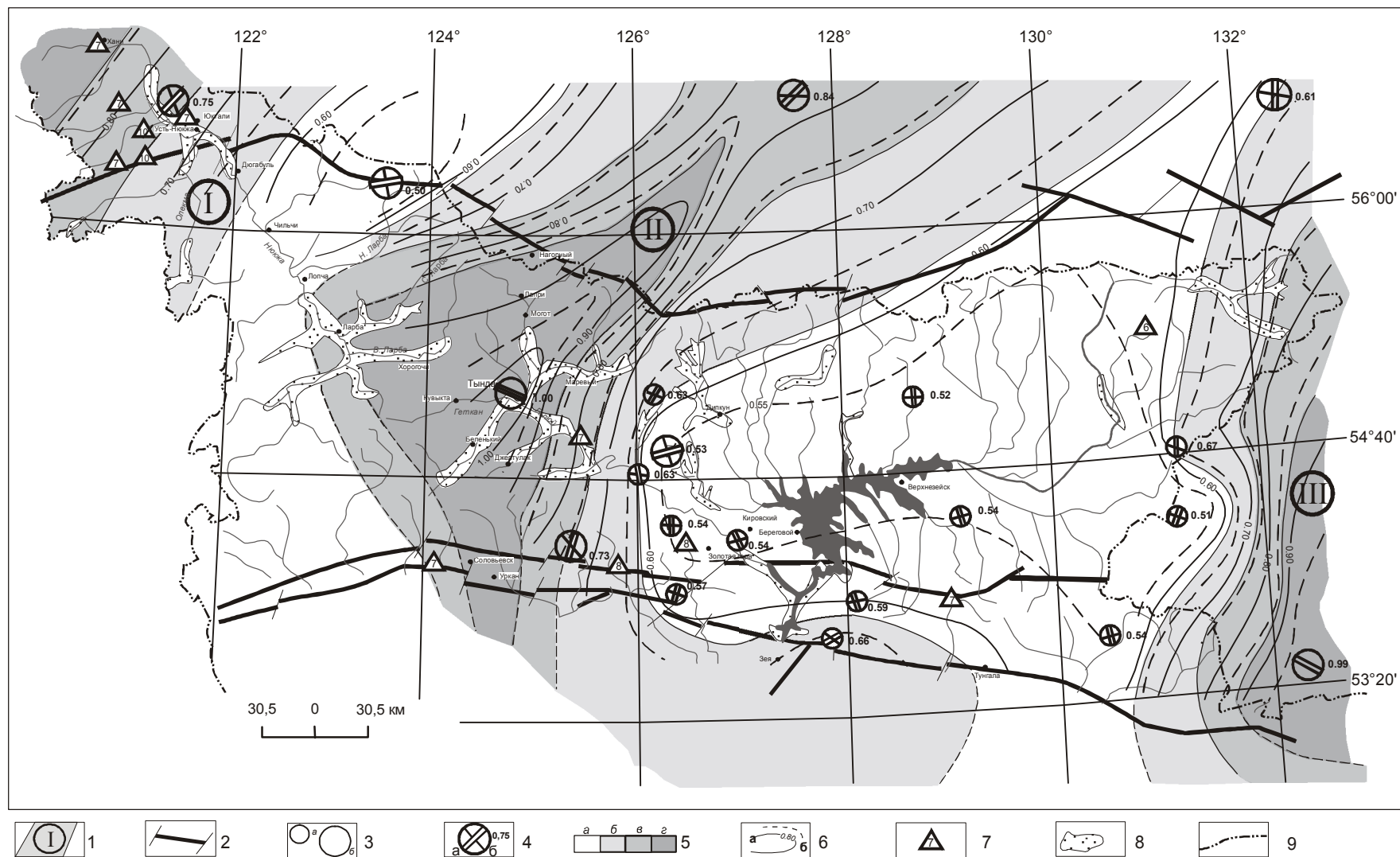


Рис. 2. Схема районирования Байкало-Алданской гидрогеологической складчатой области по степени проницаемости земной коры.

1 – районы с повышенной проницаемостью горных пород: I – Усть-Нюкжинский, II – Тындинский, III – Джагдинский; 2 – структурные швы; 3 – реперные точки с данными: а – по сейсмичности, б – по геодинамическим построениям; 4 – тектонические напряжения, действующие в условиях: а – сжатия, б – растяжения, справа от реперной точки – значения коэффициентов раскрытости тектонических зон; 5 – значения коэффициента раскрытости: а – 0.5–0.6, б – 0.6–0.7, в – 0.7–0.8, г – 0.8–1.0; 6 – изолинии раскрытости зон: а – рассчитанные, б – предполагаемые; 7 – эпицентры землетрясений, их балльность; 8 – резервуары подземных вод повышенной обводнённости; 9 – границы Амурской области.

протяженностью от 1 до 2 км, с падением на северо-восток под углом 60–80°. В пределах них ниже 25 м воды сквозных таликов формируют единый поток с подмерзлотными водами. Разгрузка его происходит вблизи уреза реки и фиксируется родниками с дебитом до 5–8 л/с и протяженными полынками (до 100–300 м), которые в течение всего зимнего периода не перемерзают. Здесь в тальвеге современной долины р. Хани скважиной глубиной 196 м вскрыты напорные воды с пьезометрическим уровнем 5,3 м выше поверхности земли. Дебит скважины на самоизливе составил 17 л/с (срезка уровня 3,8 м) и при откачке 30 л/с при понижении 6,5 м.

Структурно-тектонические и гидрографические узлы установлены в зоне сочленения западной ветви Станового структурного шва с Тас-Юряхским разломом (район пос. Усть-Нюкжа). В 12 км от устья р. Тас-Юрях к зонам повышенной проницаемости в интрузивных породах приурочены талики протяженностью до 300 м, в пределах которых дебит скважины составил 8,9 л/с при понижении 8,8 м. Сквозной талик тектонического происхождения выявлен геофизическими работами и под руслом р. Олекма вблизи устья левого притока – руч. Авика. В приустьевых частях рр. Имангра и Тас-Юрях очаги разгрузки подземных вод фиксируются наледями с объемом льда более 3 000 000 м³ каждая [6].

В гидрогеологических резервуарах, приуроченных к грабенам, грабен-долинам, структурно-тектоническим и гидрографическим узлам Усть-Нюкжинского района, в зонах повышенной проницаемости пород сосредоточены значительные ресурсы подземных вод. Значение модулей подземного стока равны 2–3 л/с·км², модуль прогнозных эксплуатационных ресурсов составляет 3,6–4,3 л/с·км² [30]. В настоящее время водозаборы, расположенные на ст. Олекма, Юктали, обеспечивают потребности населения всех организаций водой высокого качества.

Тындинский район

Этот район расположен в центральной части Байкало-Алданской гидрогеологической области и занимает территорию между бассейнами Средней Ларбы и Мал. Джелтулака. Высокая проницаемость пород в зонах трещиноватости здесь связана с Уленским, Сигиктинским, Ларбинским, Тындинским, Гиллюйским и др. разломами, узлами их сопряжений и семи-восьмибалльной сейсмичностью района (Тындинское, Гиллюйское, Тукурингское землетрясения), которая способствует периодическому подновлению тектонических нарушений. Коэффициент раскрытости трещин здесь изменяется от 0,8 до 1, а концентра-

ции водорастворенного гелия находятся в пределах 400–500·10⁻⁵ мл/л при фоне 1,5·10⁻⁵ мл/л.

В западной половине района зоны трещиноватости северо-восточного простирания представлены сбросами и сбросо-сдвигами. Гидрогеологические резервуары здесь связаны с трещинно-жильными водами, приуроченными к зонам тектонических разломов, трещинными – к выветрелой части магматических и метаморфических пород и поровыми – к четвертичным отложениям.

Развитые в пределах Тындинского района гидрогеологические резервуары во многом близки с таковыми в Усть-Нюкжинском районе. Морфологически они представлены грабен-долинами, гидрографическими и структурно-тектоническими узлами. Наиболее крупные грабены и грабен-долины приурочены к долинам Средней и Верхней Ларбы, Тыгды, Гиллюя, Геткана. Обводненные емкости здесь имеют двухъярусное строение и сформированы водоносным горизонтом аллювиальных отложений и подстилающей его водоносной зоной трещиноватости кристаллических пород. Ярусы гидрогеологической емкости тесно взаимосвязаны между собой и с поверхностными водотоками и имеют общее питание и разгрузку. Дебит скважин на этих участках довольно высокий и составляет 1,6–5 л/с при незначительном понижении уровня.

В бассейне нижнего течения р. Ср. Ларба, в 2,5 км юго-восточнее одноименной станции, к зоне повышенной проницаемости приурочена крупная таликовая зона протяженностью 3 км, шириной 1–1,7 км (*Ларбинское* месторождение пресных вод). Продуктивная толща представлена водоносными зонами трещиноватости протерозойских метаморфических образований и водоносным горизонтом аллювиальных четвертичных отложений. Повышенная трещиноватость пород по пробуренным здесь скважинам разведочного бурения установлена до глубины 178–181 м и связана со структурно-тектоническим узлом, образованным разрывными нарушениями северо-восточного, северо-западного и близмеридионального направлений.

Структурно-тектонические узлы формируют также очаги разгрузки минеральных углекислых вод. К системам генеральных разломов северо-восточного простирания (Чильчинский, Лопчинский, Эльгаканский) и оперяющих их нарушений в докембрийских магматических, метаморфических и нижнемеловых осадочно-вулканогенных породах приурочена группа источников с различной минерализацией: Маректанский, Туруканский, Тренакский, Иньякский, Мал.-Эльгаканский и др. [23]. В доли-

нах рр. Олекма, Тунгир, Турукан, Лопчакан и др. отмечаются обширные выходы углекислых вод гидрокарбонатного (смешанного по катионам) состава с содержанием углекислого газа 0,2–1,4 г/дм³ и минерализацией 0,1–1,6 г/дм³. В долине р. Мал. Эльгакан скважинами были вскрыты холодные углекислые воды с минерализацией от 1,6 до 3,4 г/дм³, а в долине р. Иньжак – с более высокой минерализацией (6,1 г/дм³). Дебит указанных источников колеблется от 0,5 до 8 л/с.

В восточной половине Тындинского района, в бассейне Тынды и ее притоков, так же как и в западной его части, преобладают тектонические нарушения северо-восточного простирания, наряду с которыми важную роль играют и разломы северо-западного простирания (Джелтулакский, Гилюйский и др.), образующие тектонический каркас ортогонального плана. По зонам разломов, как правило, заложены долины крупных рек.

Широкая зона интенсивной трещиноватости пород прослеживается вдоль Гилюйского генерального разлома от руч. Завьяловского на северо-западе до руч. Амнунначи на восток-юго-востоке, в пределах которой на участках сопряжения с Тындинским генеральным разломом северо-восточного направления возник целый ряд структурно-тектонических узлов, с которыми связано несколько крупных водопроявлений по левому борту Гилюя. На участке от ст. Кувукта до ст. Первомайское Нюкжинский разлом соединяет обводненные зоны отдельных структурно-тектонических узлов и становится областью аккумуляции трещинно-жильных и трещинно-грунтовых вод Олекминско-Нюкжинского водосборного бассейна. На участках, где отмечается слияние водотоков различных порядков, которые наследуют тектонические ослабленные зоны, формируются крупные гидрографические узлы, наложенные на структурно-тектонические. Здесь отмечается единство поверхностного и подземного стока, интенсивный водообмен, сквозной характер таликов.

В районе г. Тынды системы Тындинского, Гетканского, Гилюйского разломов, с поперечными к ним и оперяющими нарушениями, образуют структурно-тектонические узлы в виде обширных зон интенсивной разрушенности и проницаемости пород, к которым приурочены сквозные талики протяженностью до 2–3 км. В них формируются значительные ресурсы пресных трещинно-жильных вод высокого качества, представляющие интерес для водоснабжения г. Тынды, пос. Восточного и железнодорожного узла Шахтаум. Здесь разведаны Шахтаумское, Завьялов-

ское, Амуналийское, Орочиканское, Бурухинское, Колхозное месторождения пресных вод.

В южной части Тындинского района зоны повышенной проницаемости пород и обводненные резервуары приурочены к структурно-тектоническим узлам в местах пересечения Южно-Тукурингского структурного шва близширотного простирания с поперечными разломами. В районе пос. Соловьевск зоны трещиноватости брекчированных сланцев и алевролитов включают трещинно-жильные воды, которые разгружаются в виде родников с образованием в зимний период наледей протяженностью 200–250 м. Водообильность пород здесь невысокая. Дебит скважин в этих зонах составляет 0,08 л/с при понижении уровня 28,9 м и 0,27 л/с при понижении уровня 15,45 м. На участках, где коренные породы перекрыты четвертичным аллювием, при их совместном опробовании дебит скважины составил 3,3 л/с при понижении уровня 4,1 м.

Джагдинский район

Район расположен на границе Амурской области и Хабаровского края и охватывает бассейны Уды и Селемджи. Протяженность его более 300 км. Высокая проницаемость пород в этом районе связана с узлами пересечения разломов северо-восточного и северо-западного направлений и приурочена к участкам с повышенной сейсмоактивностью. Интенсивность землетрясений здесь колеблется в пределах 6–7 баллов (Селемджинское, Джугдырское и др.) По результатам геодинамических построений, коэффициент раскрытости трещин достигает 0,8 (рис. 2).

С участками повышенной проницаемости пород связаны протяженные таликовые зоны и разгрузка как пресных, так и термоминеральных вод, которые отмечаются на продолжении Джагдинского района к югу и находят свое проявление в Хабаровском крае или в пределах сопряженной с юга северо-восточной окраины Амуро-Охотской гидрогеологической области (бассейн р. Бысса, район ст. Февральск, Кульдур, Тырма и др.). Значения среднемноголетнего модуля подземного стока на этом участке изменяются от 3 до 4 л/с·км², а модуль прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод составляет 3,8–5 л/с·км² [30].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Гидрогеологические условия Байкало-Алданской гидрогеологической области являются отражением тектонического режима территории с активной проявленностью разломов и современной сейсмичностью, обусловивших прерывистость мерзлоты, бло-

ковое строение гидрогеологических резервуаров и дифференцированное размещение обводненных зон.

Роль разломов в распределении областей питания, разгрузки и аккумуляции подземных вод разнообразна. В пределах водораздельных частей Станового, Янкано-Тукурингро-Джагдинского сдренированных гидрогеологических массивов они служат каналами быстротечного транзита, на склонах Тынды-Зейского гидрогеологического массива играют роль водопроницающих дрен, а в его днище, совмещенном с русловыми ложбинами рр. Нюкжа, Геткан, Гилюй, Тынды и их притоков, проявляется их преимущественно водоаккумулирующая функция с формированием обводненных резервуаров двухъярусного строения в виде гидрографических узлов, грабенов, грабен-долин. Высокие значения модулей подземного стока и прогнозных ресурсов определяют их большие эксплуатационные возможности.

ЛИТЕРАТУРА

- Афанасенко В.Е., Куринова Т.А. Общая характеристика гидрогеологических условий зоны БАМ // Геология зоны БАМ. Т. 2 Гидрогеология и инженерная геология. Л.: Недра, 1988. С. 65–67.
- Бельтнев Е.Б. Разрывная тектоника восточного сектора региона БАМ и ее влияние на размещение оруденения // Разломы и эндогенное оруденение Байкало-Амурского региона. М.: Наука, 1982. С. 73–88.
- Геологическая карта Приамурья и сопредельных территорий. 1:2 500 000. Объясн. зап. Санкт-Петербург-Благовещенск-Харбин, 1999. 135 с.
- Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М. Сейсмоструктура Якутии. М.: ГЕОС, 2000. 227 с.
- Забродин В.Ю., Турбин М.Т. Крупнейшие разломы западной части хр. Джагды (Дальний Восток) // Геотектоника. 1970. № 3. С. 104–114.
- Каплина Т.Н., Павлова О.П., Чернядьев В.П., Кузнецова И.Л. Новейшая тектоника и формирование многолетнемерзлых пород и подземных вод. М.: Наука, 1975. 124 с.
- Караванов К.П. Верхоянская и Байкало-Алданская гидрогеологические складчатые области. Гидрогеология СССР. Т. XXIII Хабаровский край и Амурская область. М.: Недра, 1971. С. 76–94.
- Колесников В.В. Кайнозойские впадины шовной зоны Южно-Тукурингского разлома (Верхнее Приамурье). М.: Наука, 1992. 144 с.
- Корчагин Ф.Г. Геодинамические исследования при выделении вероятных очаговых зон землетрясений (на примере района Зейского водохранилища) // Тихоокеан. геология. 1990. № 1. С. 63–72.
- Красный Л.И. Тектоника. Геология СССР. Т. XIX. Хабаровский край и Амурская область. Ч. 1. Геологическое описание. М.: Недра, 1966. С. 601–650.
- Николаев В.В., Семенов Р.М. и др. Сейсмология Монголо-Охотского линейного элемента (Восточный фланг). Новосибирск: Наука, 1979. 111 с.
- Общая гидрогеология. Новосибирск: Наука, 1980. 284 с.
- Парфенов Л.М., Натальин Б.А. и др. Роль разломов в формировании тектонической структуры юга Дальнего Востока // Разломы и эндогенное оруденение Байкало-Амурского региона. М., 1982. С. 16–21.
- Парфенов Л.М., Козьмин Б.М. и др. Геодинамические модели сейсмических поясов Якутии. Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1987. 48 с.
- Пиннекер Е.В., Писарский Б.И. Подземные воды зоны Байкало-Амурской магистрали. Новосибирск: Наука, 1977. 86 с.
- Пиннекер Е.В., Ясько В.Г. Разломы Байкальской рифтовой области как гидрогеологические резервуары // Разломы и эндогенное оруденение Байкало-Амурского региона. М.: Наука, 1982. С. 165–174.
- Сорокина А.Т. Сквозные талики среди многолетнемерзлых пород в бассейне рек Нюкжи и Олекмы – источники водоснабжения станций Байкало-Амурской магистрали // Новые данные о минерально-сырьевых ресурсах центральной части зоны БАМ. Благовещенск, 1978. С. 156–160.
- Сорокина А.Т., Сорокин А.П. Водоносность гидрогеологических структур Приамурья // Гидрогеологические исследования восточных районов СССР и некоторых стран Азии. Иркутск, 1983. С. 86–95.
- Сорокина А.Т., Сорокин А.П. Гидрогеологическое содержание морфоструктур Верхнего Приамурья // Проблемы морфотектонических исследований. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1985. С. 131–135.
- Сорокина А.Т., Флешлер В.И., Сорокин А.П. Флюидный режим тектонических зон гидрогеологических структур Забайкалья и Приамурья // Подземные воды и эволюция литосферы. Т. II. М.: Наука, 1985.
- Сорокина А.Т. Гидрогеологические структуры Приамурья, их эволюция и флюидный режим // Тихоокеан. геология, 1992. № 3. С. 123–133.
- Сорокина А.Т. Принципы гидрогеологического районирования и прогнозирования обводненных резервуаров Верхнего Приамурья // Гидрогеология и геохимия вод складчатых областей Сибири и Дальнего Востока: Сб. материалов совещ. 11.09.2003-15.09.2003. Владивосток: ДВО РАН, 2003. С. 43–49.
- Сорокина А.Т. Минеральные воды Верхнего Приамурья // Гидрогеология и геохимия вод складчатых областей Сибири и Дальнего Востока. Сб. материалов совещ. 11.09.2003-15.09.2003. Владивосток: ДВО РАН, 2003. С. 50–59.
- Сорокина А.Т. Гидрогеологическая роль структурно-тектонических узлов Верхнего Приамурья // Материалы Всерос. совещ. по подземным водам Востока России. XVII Совещ. по подземным водам Сибири и Дальнего Востока. Иркутск-Красноярск: Изд-во Иркут. гос. техн. ун-та, 2003. С. 149–151.
- Сорокина А.Т. Гидрогеологические системы Верхнего Приамурья. Владивосток: Дальнаука, 2005. 167 с.
- Степанов В.М. Гидрогеологические структуры Забайкалья. М.: Недра, 1980. 176 с.
- Степанов В.М. Исследование обводненных разломов – основа гидрогеологических прогнозов в горноскладчатых областях // Формирование подземных вод как основа гидрогеологических прогнозов: Материалы I Всесоюз. гидрогеол. конф. М.: Наука, 1982. С. 368–372.

28. Флешлер В.И. Проявление разломов в поле концентрации гелия // Разломы и эндогенное оруденение Байкало-Амурского региона. М.: Наука, 1982. С. 174–179.
29. Шерман С.И., Борняков С.А., Буддо В.Ю. Области динамического влияния разломов (результаты моделирования). Новосибирск: Наука, 1983. 112 с.
30. Язвин В.В., Сидоркин О.А. и др. Оценка обеспеченности населения Амурской области ресурсами подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения // Разведка и охрана недр. 2003. № 10. С. 21–23.

Поступила в редакцию 7 марта 2006 г.

Рекомендована к печати С.М. Родионовым

A.T. Sorokina

The role of faults in the formation of inundated zones within the Baikal-Aldan hydrogeological fold region

The peculiar features of formation and location of underground waters in cryogenic massifs of the Baikal-Aldan hydrogeological fold region are considered. It is established that tectonogenesis and seismicity play a major role in the distribution of zones of recharge, discharge and accumulation of underground water. These processes contributed to permafrost intermittence and the formation of higher inundation zones. The main criteria of inundation of the aqueous environment in the hydrogeological massifs are defined. These are fault genesis, fault dynamics, openness and permeability, the composition and the degree of jointing of water-bearing rocks, the hypsometric position of fracture zones with relation to the drainage base. The zoning of the Baikal-Aldan region with reference to the openness of rupture dislocations and their inundation was carried out, and the following districts were distinguished: Ust-Nyukzha, Tynda, and Dzhagdy. The hydrogeological role of faults was assessed including transition faults, recharging, water-collecting, water-distributing, and accumulating faults. Hydrogeological reservoirs are characterized with account for their morphology (grabens, fault-block valleys, structural-tectonic, and hydrographic nodes), their structure (one- and two-layered), the type of underground water accumulation (fissure-bedded, fissure-veined, bed-pored), which have high operating potential due to the unity of the surface and underground drainage, intense water exchange, high values of the underground discharge modulus, and the predicted operational resources. The most inundated areas are considered from the point of view of their use for the purpose of water supply.

Key words: hydrogeological massifs, faults, structural-tectonic nodes, inundated zones, eastern Russia.