

## Оценка риска для здоровья населения от природноочаговых инфекций средствами ГИС

*В работе предложена методика обработки разнородной информации с последующей интеграцией в комплексный ГИС-документ, создаваемый для оценки риска заражения населения клещевыми инфекциями. Для территории Алтайского края определены коэффициенты фактического риска заражения клещевым энцефалитом и сибирским клещевым риккетсиозом и по ним построены нозогеографические среднемасштабные карты.*

*ГИС, геоинформационно-картографическое моделирование, медико-географическое картографирование, нозогеографические карты, природноочаговые болезни, клещевые зоонозы, риска заражения, Алтайский край*

*GIS, geoinformation-cartographic modeling, medical-geographical mapping, nosogeographical maps, natural focal infection, tick-borne zoonoses, risk of contamination, Altai Krai*

Среди широко распространенных в мире инфекционных болезней выделяется группа природноочаговых (ПООБ), возбудители или переносчики которых непосредственно связаны с условиями своего местообитания. К данной группе относятся инфекции клещевых зоонозов: энцефалит, риккетсиоз, боррелиоз, Ку-лихорадка, туляремия и др., нередко вызывающие состояние эпидемиологической опасности.

Медико-географические исследования неразрывно связаны с пространственным анализом, реализуемым через медико-географическое картографирование. Среди медико-географических карт выделяют нозогеографические, отображающие географическое распространение болезней, связь их с условиями географической среды и степень риска заражения ими.

Визуализация показателей заболеваемости населения ПООБ, как правило, ограничивается односторонним использованием базовых карт административно-территориального деления либо природных контуров, демонстрирующих эпидемиологическое состояние территории. С развитием геоинформационных технологий появились новые возможности для медико-географической оценки территорий. Геоинформационно-картографическое моделирование (как часть ГИС-технологий), использующее в комплексе данные о ландшафтной структуре территории, о климатических условиях (обеспеченность теплом и влагой), о наличии и характере распространения переносчиков инфекций, распределении и плотности населения, выступает необходимым инструментом для оперативного и научно обоснованного решения задач, связанных с определением риска заражения населения ПООБ. Стала реальной не только

визуализация отдельных нозоареалов (ареалов болезни), показателей экологических факторов, влияющих на распространение болезни, потенциальной опасности инфицирования на исследуемой территории и статистической информации о заболеваемости населения, но и их интеграция. В результате комплексного подхода оценки создаются нозогеографические карты оценки и прогноза риска возникновения и распространения ПОБ.

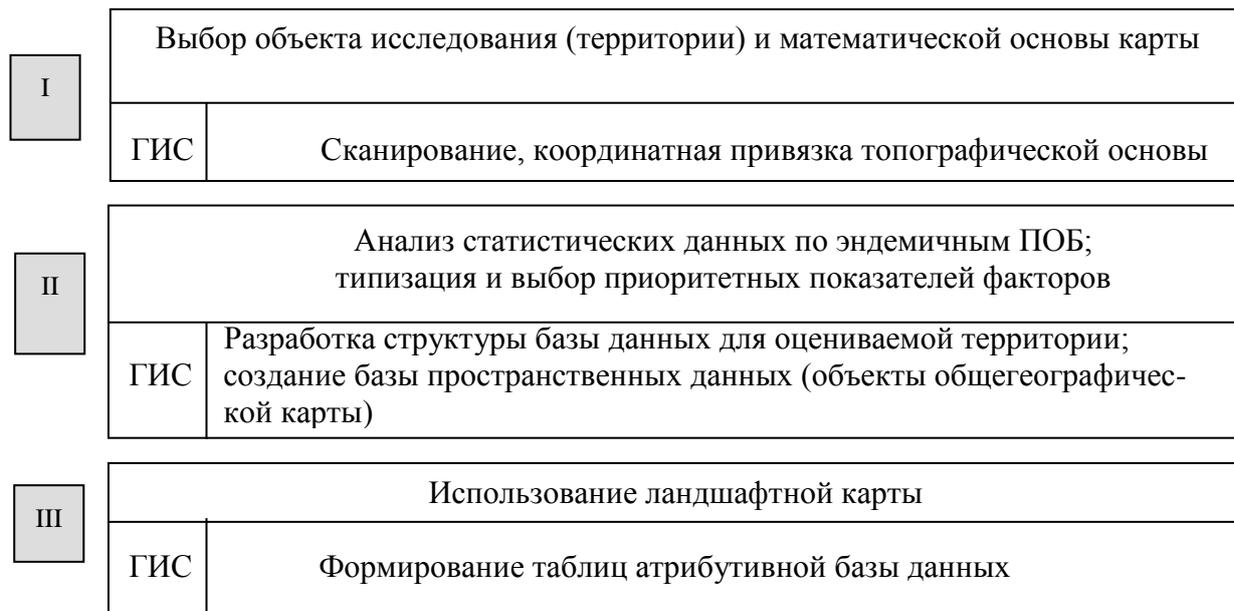
В традиционном значении под медико-географическим риском понимается вероятность возникновения вредных последствий для здоровья человека или группы людей при наличии эпидемиологической опасности. Обобщенное понятие риска в зависимости от ведущих факторов, показателей и аспекта рассмотрения может быть дифференцировано, в частности, на такие виды риска, как эпидемиологический, потенциальный, актуальный и фактический, характеризующиеся своей спецификой, рассмотренной ниже.

Медико-статистические данные обычно не в полной мере отражают степень напряженности эпидемиологической ситуации на исследуемой территории. Их информативность повышается в случае сопоставления с рядом характеристик состояния окружающей среды: природными предпосылками болезней человека (абиотическими и биотическими), антропогенными и социально-экономическими факторами.

При геоинформационной картографической оценке рисков заражения населения ПОБ целесообразно использование ландшафтного подхода, как минимум, двухступенчатой типизации территории: региональной (масштаб  $1:1\,000\,000 \div 200\,000$ ) и топологической (масштаб крупнее  $1:200\,000$ ) вследствие разной медико-географической значимости отдельных групп факторов. Типы территорий регионального уровня соответствуют зональным особенностям климатических условий. Внутрорегиональная топологическая дифференциация позволяет показывать различия в структуре медико-географической ситуации на уровне отдельных районных структур (административных), что соответствует отражению закономерностей территориальной приуроченности ПОБ. Практически объектом оценки и картографирования выступают на региональном уровне ландшафтные типы территорий (провинция  $\div$  ландшафт/район), а на топологическом – непосредственно природные комплексы в соответствии с принятым уровнем детальности ландшафтных исследований и картографирования (местность  $\div$  фация).

Алгоритм геоинформационно-картографической оценки территории по риску заражения населения ПОБ состоит из двух этапов: **постановочно-проблемного и инвентаризационно-аналитического** (рис. 1).

### Постановочно-проблемный этап



### Инвентаризационно-аналитический этап (медико-географический факторно-интегративный анализ)



Рис. 1 Алгоритм геоинформационного нозогеографического картографирования ПОБ

На постановочно-проблемном этапе выполняются действия подготовительного характера: выбор объекта исследования и математической основы карты, анализ статистических данных ПОБ, типизация и отбор приоритетных показателей факторов окружающей среды, выбор ландшафтной основы. Использование ГИС на данном этапе позволяет анализировать наибольшее число значимых факторов, влияющих на экологическую цепь от природных предпосылок болезней человека до появления самой болезни, через их

количественные показатели. В целом, эффективность геоинформационно-картографической модели зависит от того, насколько точно удалось установить и описать экологические механизмы действия каждого из факторов моделируемой экосистемы.

**На инвентаризационно-аналитическом этапе** медико-географического анализа территории выполняется расчет показателей эпидемиологического, потенциального и актуального рисков заражения населения ПОб посредством ГИС-технологий. Показатели являются характеристиками площадных объектов, далее называемых нозоареалами и понимаемых как «территория с возможностью возникновения заболеваний».

**Эпидемиологический риск** заражения ПОб определяется произведением среднего уровня эпидемического фона (отношением числа случаев болезни, выявленных в определенной группе населения за рассматриваемый период времени, к общей численности населения) и индекса частоты (отношение числа лет, в которых регистрировалась заболеваемость, к рассматриваемому периоду). Он может быть рассчитан как для административно-территориальных единиц, так и для природных комплексов.

Для решения проблемы несовпадения границ единиц физико-географического деления и административных районов предусмотрен алгоритм расчета их соответствия. Административный район включается в расчет, если не менее 30% его площади расположено в границах рассматриваемой природной территории (30 % установлено экспертным путем). Общий показатель эпидемиологического риска этой территории вычисляется по среднему значению эпидемиологического риска учитываемых районов.

**Потенциальный риск** заражения населения ПОб для административных единиц и природных комплексов определяется по ареалам природных предпосылок заражения, которые устанавливаются в соответствии с легендой к ландшафтной карте. Количественное значение показателя риска вычисляется как отношение суммарной площади ареалов с природными предпосылками заражения к общей площади района (либо природного комплекса).

Антропогенная трансформация естественных экосистем непосредственно или косвенно влияет на все уровни и механизмы развития медико-географической ситуации, связанной с ПОб. Расчет **актуального риска** возникает с необходимостью уточнения территорий с природными предпосылками заражения в соответствии с показателями антропогенного фактора. Он вычисляется как отношение суммарной площади ареалов природных предпосылок заражения и учетом антропогенного фактора к общей площади административно-территориальной единицы (либо природного комплекса).

Комплексным оценочным показателем территории, характеризующим риск заражения населения ПОб, является **фактический риск**. Для административных единиц и природных комплексов его вычисляем как произведение значений актуального и эпидемиологического

рисков, соответственно. Для смежных административных территорий с однотипными ландшафтами фактический риск определяется как среднее значение рисков для отдельных ландшафтов.

По вычисленным показателям фактического риска разрабатывается оценочная шкала, и устанавливаются интервалы, характеризующие **степень риска**. Разбиение на интервалы выполняется встроенными средствами ГИС с использованием метода равных площадей. Число рангов выбирается в соответствии с общепринятыми методиками оценки риска и с учетом количества оцениваемых данных.

Разработанная методика геоинформационного нозогеографического картографирования легла в основу оценки риска заражения населения Алтайского края клещевым энцефалитом (КЭ) и сибирским клещевым риккетсиозом (СКР) по данным медицинской статистики за период с 1990 по 2002 гг. (наиболее полный статистический ряд). Была создана медико-географическая информационная система (МГИС) «Клещевые зоонозы Алтайского края», предназначенная для решения таких задач, как создание справочной медико-географической системы территории края и разработка серии геоинформационных медико-географических карт. База данных МГИС (рис. 2, фрагмент) содержит следующие компоненты:

- базовой информации, включая набор тематических слоев на территорию Алтайского края и связанные с ними атрибутивные таблицы;
- набора данных, обрабатываемых в программе MS Access, в том числе, сведения по административным районам края и природным единицам;
- блока обработки статистических данных (по заболеваемости населения КЭ и СКР, площадных природных и антропогенных объектов), который для удобства просмотра и визуального анализа реализован в MS Excel.

Территория Алтайского края в МГИС была представлена 60 административными районами. Для визуализации всего комплекса разнородной информации (районов, природных единиц, статистических данных о заболеваемости и факторах среды) был выбран масштаб 1:500 000, и на его основе выполнена комплексная медико-географическая оценка каждого района. Атрибутивная информация по природным комплексам в МГИС имела детальность топологического уровня, что позволило рассчитать **фактический риск ( $F$ ) для каждого ландшафта в границах административных районов**. Показатели риска были дифференцированы по 5 уровням: высокий, средний, низкий, уровень спорадической вероятности заражения и уровень отсутствия риска. На основе полученных данных были построены картографические модели, результирующими из которых стали «Риск заражения населения Алтайского края клещевым энцефалитом» (рис. 3) и «Риск заражения населения Алтайского края сибирским клещевым риккетсиозом» (рис. 4) в масштабе 1:1 000 000.

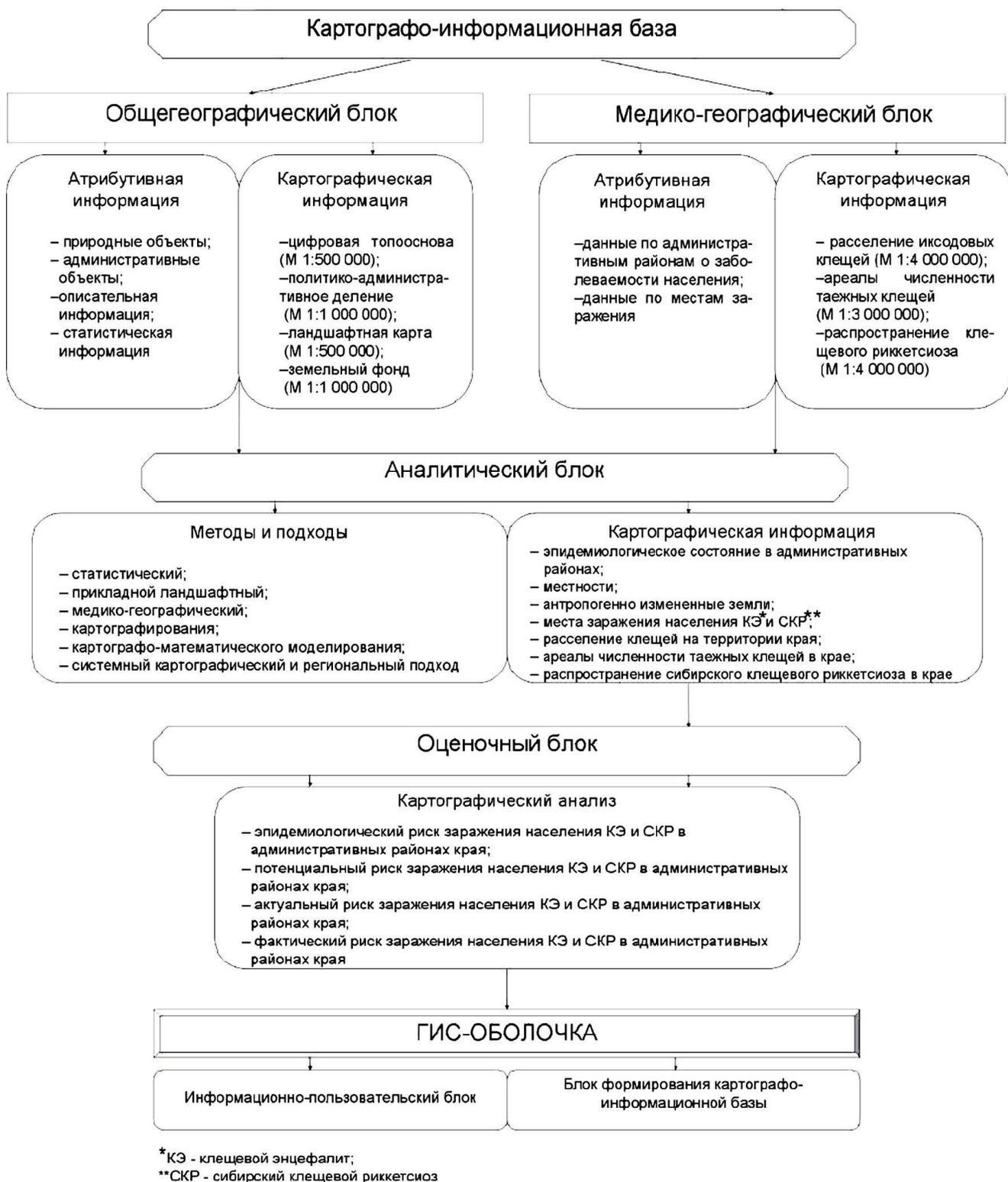


Рис. 2. Структура и состав картографо-информационной базы МГИС «Клещевые зооантропонозы Алтайского края»

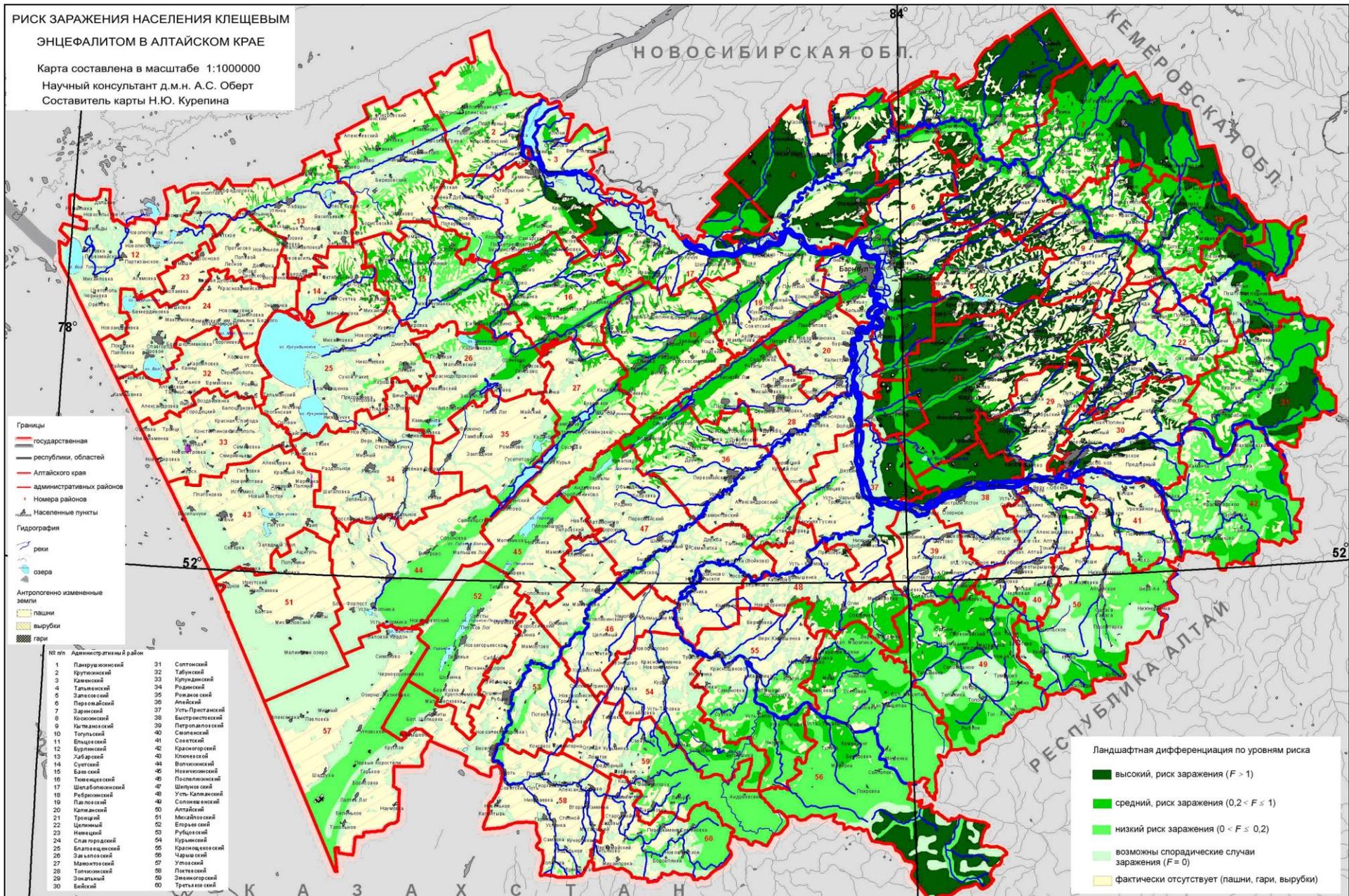


Рис. 3. Карта «Риск заражения населения Алтайского края клещевым энцефалитом» (масштаб оригинала 1:1000000)

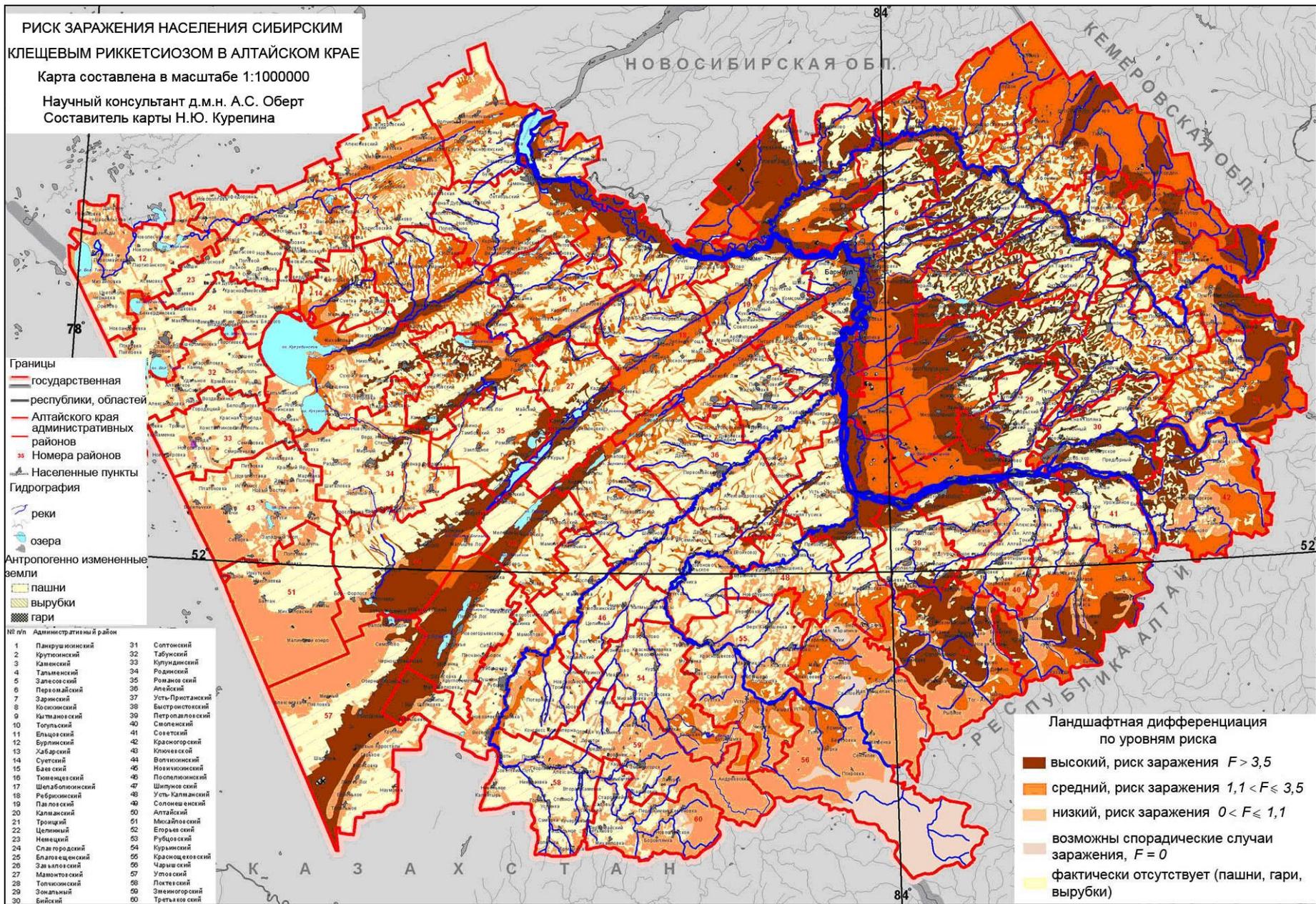


Рис. 4. Карта «Риск заражения населения Алтайского края сибирским клещевым риккетсиозом» (масштаб оригинала 1:1000000)

Функциональные возможности МГИС, созданные геоинформационно-картографические модели позволили выявить особенности медико-географических условий территории и выполнить комплексную оценку нозогеографического риска в Алтайском крае. В соответствии с физико-географическим районированием провинциального уровня региона для территорий с разной степенью риска инфицирования ПОВ (высокая, средняя и низкая) был установлен его характерный растительный индикатор (табл. 1-2).

Таблица 1

Дифференциация физико-географических провинций по степени риска заражения КЭ

Степень риска	Зональная область	Провинция	Характерный растительный индикатор
Высокая	Лесостепная	Верхне-Обская	Приобские сосновые боры
	Алтайская Салаиро-Кузнецко-Алатаусская	Северо-Восточная Алтайская	Горная черневая тайга
		Салаирская	
Средняя	Лесостепная	Предсалаирская	Травяные осиново-березовые перелески
	Алтайская	Северо-Западная Алтайская	Горная темнохвойная тайга
		Северо-Алтайская	
Низкая	Степная	Кулундинская	Сосновые боры в дельтах ложбин древнего стока
		Южно-Приалейская	
		Предалтайская	Осиново-березовые с лиственницей леса

Ландшафты Верхне-Обской физико-географической провинции, расположенной в лесостепной зональной области, оценены как территории с высоким риском заражения населения КЭ. Характерным растительным индикатором предпосылок риска здесь служат приобские сосновые боры. Такой же уровень риска имеют ландшафты Северо-Восточной Алтайской и Салаирской провинций Алтайской и Северо-Алатаусской зональных областей, индикатором выступают растительные сообщества горной черневой тайги.

Средний риск заражения населения КЭ установлен для Предсалаирской провинции лесостепной зональной области с характерным растительным индикатором – травяными осиново-березовыми перелесками, для Северо-Алтайской и Северо-Западной Алтайской провинций Алтайской зональной области – горной темнохвойной тайгой.

В ландшафтах степной зональной области (Кулундинская, Южно-Приалейская и Предалтайская провинции) установлен низкий риск заражения населения КЭ. Возможными местами расселения клещей для Кулундинской и Южно-Приалейской провинций являются

сосновые боры в дельтах ложбин древнего стока и осиново-березовые с лиственницей леса в Предалтайской провинции. В отдельных ландшафтах риск заражения КЭ фактически отсутствует.

Таблица 2

Дифференциация физико-географических провинций  
по степени риска заражения СКР

Степень риска	Зональная область	Провинция	Характерный растительный индикатор
Высокая	Степная	Южно-Приалейская	Остепненные типчаково-ковыльные ассоциации
	Лесостепная	Верхне-Обская	Разнотравно-злаковая луговая лесостепь
	Алтайская	Северо-Алтайская	Злаково-разнотравная и разнотравно-злаковая степь
		Северо-Восточная Алтайская	Разнотравно-злаковые луга
Средняя	Лесостепная	Предсалаирская	Разнотравно-злаковые луга
	Салаиро-Кузнецко-Алатаусская	Салаирская	
Низкая	Степная	Кулундинская	Типчаково-ковыльные сухие и разнотравно-типчаково-ковыльные засушливые степи
		Предалтайская	Разнотравная типчаково-ковыльная степь на равнинах и богато разнотравная степь в поймах малых и средних рек
	Алтайская	Северо-Западная Алтайская	Луговые разнотравные степи и разнотравно-злаковые луга

Высокий риск заражения населения СКР установлен для ландшафтов степной зональной области (Южно-Приалейская провинция), лесостепной (Верхне-Обская провинция) и Алтайской горной области (Северо-Восточная Алтайская провинция). Характерными растительными индикаторами концентрации клещей являются для Южно-Приалейской провинции остепненные типчаково-ковыльные ассоциации, для Верхне-Обской – разнотравно-злаковая луговая лесостепь, а для Северо-Восточной Алтайской – разнотравно-злаковые луга.

Средний риск заражения установлен в Предсалаирской и Салаирской провинциях с наиболее типичной в отношении расселения клещей, переносчиков СКР, разнотравно-злаковые луга.

Низкий риск заражения населения данной инфекцией в Алтайском крае наблюдается в Кулундинской и Предалтайской степной зональной области. Характерным растительным

компонентом здесь являются типчаково-ковыльные сухие и разнотравно-типчаково-ковыльные засушливые степи (Кулундинская провинция) и разнотравная типчаково-ковыльная степь на равнинах и богато разнотравная степь в поймах малых и средних рек (Предалтайская провинция). В Северо-Западной Алтайской провинции клещи могут расселяться лишь в луговых разнотравных степях и разнотравно-злаковых лугах среднегорье.

Таким образом, в результате геоинформационно-картографического моделирования была выполнена оценка Алтайского края по риску заражения КЭ и СКР, что особенно важно в условиях разработки схем территориального планирования муниципальных образований края, проектируемых туристско-рекреационных объектов на территориях, обладающих благоприятными природными условиями для возникновения ПОб.

Предложенная методика геоинформационного нозогеографического картографирования может быть использована для других регионов.