



ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ГЕМОРРАГИЧЕСКОЙ ЛИХОРАДКОЙ ДЕНГЕ В СОЦИАЛИСТИЧЕСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ ВЬЕТНАМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

В.Т. Хоанг^{1,2}, А.А. Кузин¹, А.Е. Зобов¹, Т.Т. Ха³, А.А. Зобова⁴

¹Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

²Военно-медицинская академия Вьетнама, Ханой, Вьетнам

³Военный институт профилактической медицины, Ханой, Вьетнам

⁴Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

Experience in conducting an epidemiological analysis of dengue incidence in the Socialist Republic of Vietnam using geographic information systems

V.T. Hoang^{1,2}, A.A. Kuzin¹, A.E. Zobov¹, T.T. Ha³, A.A. Zobova³

¹Military Medical Academy named after S.M. Kirov, Saint-Petersburg, Russia

²Vietnam Military Medical University, Ha Noi, Viet Nam

³Military Institute of Preventive Medicine, Ha Noi, Viet Nam

⁴Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University, Saint-Petersburg, Russia

Резюме

Цель: выявить региональные эпидемиологические особенности заболеваемости лихорадкой денге и обосновать подходы к проведению эпидемиологического надзора за заболеваемостью с учётом региональных особенностей ее распределения и факторов риска, влияющих на её формирование.

Материалы и методы: ретроспективный эпидемиологический анализ заболеваемости лихорадкой денге по провинциям Социалистической Республики Вьетнам в период с 2017 по 2022 г. Для проведения эпидемиологического анализа заболеваемости лихорадкой денге применена бесплатная версия программы ГИС Аксиомы и приложение Google Earth.

Результаты: отмечено, что случаи заболевания лихорадкой денге зарегистрированы во всех 63 провинциях страны, однако динамика уровней заболеваемости имела широкие пространственные и временные пределы. Уровень заболеваемости в северных провинциях ниже, чем в южных, за исключением г. Ханоя ($189,6 \text{ ‰}$). Самый высокий среднесезонный уровень заболеваемости лихорадкой денге наблюдался в Дананге ($659,8 \text{ ‰}$), Биньзюнге ($623,3 \text{ ‰}$), Куангбину ($565,5 \text{ ‰}$), Бариа-Вунгтау ($554,6 \text{ ‰}$) и Кханьхое ($544,8 \text{ ‰}$). Показаны результаты сравнительного анализа заболеваемости лихорадкой денге и основных факторов, влияющих на неё, на смежных территориях, уровень заболеваемости лихорадкой денге на которых в значительной степени отличается друг от друга. Продемонстрировано применение геоинформационной системы для проведения эпидемиологического анализа. Установлено, что распределение населения Вьетнама по территориям существенно различается между административными регионами страны, и использование формальной плотности населения для эпидемиологического анализа и

Abstract

Aim: To identify regional epidemiological features of dengue fever and substantiate approaches to conducting epidemiological surveillance for this infection taking into account the regional features of its distribution and risk factors affecting its formation.

Materials and methods: Retrospective epidemiological analysis of dengue incidence in the provinces of the Socialist Republic of Vietnam from 2017 to 2022. To conduct the epidemiological analysis of dengue incidence, a free version of the GIS Axioms (ГИС Аксиомы) program and the Google Earth application were used.

Results: It was noted that cases of dengue fever were registered in all 63 provinces of the country, however, the dynamics of incidence levels had wide spatial and temporal ranges. Excepting Hanoi (189.6 ‰), dengue incidence in the northern provinces are lower than those in the southern provinces. The highest average long-term incidence of dengue fever was observed in Da Nang (659.8 ‰), Binh Duong (623.3 ‰), Quang Binh (565.5 ‰), Ba Ria-Vung Tau (554.6 ‰) and Khanh Hoa (544.8 ‰). The results of a comparative analysis of dengue incidence and the main factors influencing it in the adjacent, the incidences of dengue fever of which are significantly different from each other, are shown. The application of geoinformation systems for epidemiological analysis has been demonstrated. It has been established that the distribution of the population of Vietnam differs greatly between the administrative regions of the country, and the use of population density for epidemiological analysis and forecasting of the epidemiological situation of infectious diseases, including dengue fever, can lead to incorrect results.

Conclusion: The epidemiological situation of dengue fever in Vietnam is characterized by high incidence rates, their wide ranges of spatial and temporal variability, and geo-

прогнозирования эпидемиологической обстановки по инфекционным заболеваниям, в том числе лихорадкой денге, может приводить к неверным результатам.

Заключение: эпидемиологическая обстановка по лихорадке денге во Вьетнаме характеризуется высоким уровнем заболеваемости, его колебанием в широких пределах в пространстве и времени и географической неоднородностью. Применение геоинформационной технологии является одним из перспективных подходов для проведения эпидемиологического анализа и надзора за лихорадкой денге, а также другими инфекционными заболеваниями.

Ключевые слова: эпидемиологический надзор, эпидемиологический мониторинг, геморрагическая лихорадка денге (генге), геоинформационная система (ГИС), Социалистическая Республика Вьетнам (Вьетнам).

Введение

Геморрагическая лихорадка денге (ГЛД) — вирусная инфекция, вызываемая 4 серотипами DENV (DENV-1, DENV-2, DENV-3 и DENV-4) и передаваемая при укусах инфицированных комаров *Aedes aegypti*, реже *Aedes albopictus*. Хотя в большинстве случаев (более 80%) заболевание протекает легко или бессимптомно, вирус ГЛД может вызывать более тяжелую форму, и иногда может развиваться смертельное осложнение. ГЛД угрожает половине населения мира, главным образом, в городских и пригородных районах, и является серьезной проблемой общественного здравоохранения во всем мире, особенно в странах с тропическим и субтропическим климатом [1, 2], в том числе и в Социалистической Республике Вьетнам (далее — Вьетнам).

Во Вьетнаме впервые случаи ГЛД были зарегистрированы в 1959 г. [3]. В период с 1963 по 1995 г. было зарегистрировано более 1,5 млн случаев и более 14 тыс. летальных исходов. С 1997 по 2016 г. было зарегистрировано 1 618 767 случаев ГЛД, в среднем около 80 938 случаев в год (110 случаев на 100 000 населения) [4]. Уровень заболеваемости ГЛД имеет тенденцию к увеличению. Средний ежегодный темп прироста заболеваемости был 9,6% (1,4 — 18,6%). Подъем уровня заболеваемости ГЛД наступает каждые 3—5 лет. При этом средний ежегодный темп снижения летальности был 11,7% (8,4 — 14,9%) [5]. В период с 2007 по 2016 г. экономический ущерб, ежегодно наносимый ГЛД, составил 94,87 млн долларов США (в ценах 2016 г.) [6]. Перечисленные выше показатели подчеркивают актуальность данной инфекции во Вьетнаме.

В настоящее время установлен целый ряд факторов риска распространения ГЛД, в том числе климатические факторы (температура воздуха, влажность, количество осадков), социально-экономические факторы (плотность населения, условия жизни) и др. [7]. В связи с географическим раз-

graphical heterogeneity. The use of GIS technologies is one of the promising approaches for epidemiological analysis and monitoring of dengue fever, as well as other infectious diseases.

Key words: epidemiological monitoring; epidemiological surveillance, dengue hemorrhagic fever (dengue), geographic information system (GIS), Socialist Republic of Vietnam (Vietnam).

нообразием территорий Вьетнама [8] выявление региональных особенностей распределения заболеваемости ГЛД и факторов риска, влияющих на него, является важной задачей для совершенствования эпидемиологического надзора за данной инфекцией и ее контроля.

Цель исследования — выявить региональные эпидемиологические особенности заболеваемости ГЛД и обосновать подходы к проведению эпидемиологического надзора за заболеваемостью с учётом региональных особенностей ее распределения и факторов риска, влияющих на её формирование.

Материалы и методы исследования

Данные о количестве законченных случаев ГЛД были получены из системы онлайн-отчетности Департамента профилактической медицины Вьетнама. Использовались сведения обо всех случаях заболевания ГЛД, зарегистрированных в период с 01.01.2017 г. по 31.12.2022 г. Демографические данные были получены с официального веб-сайта Генерального управления статистики Вьетнама. Климатические показатели (температура, количество осадков) провинций были получены из провинциальных статистических ежегодников.

Рассчитывались уровни заболеваемости ГЛД на 100 000 человек суммарного населения. Для картирования применена бесплатная версия программы ГИС *Аксиомы*. Особенности распределения населения по территориям были оценены по спутниковым снимкам, полученным с помощью приложения *Google Earth*.

Статистическая обработка проведена с помощью программы *IBM SPSS Statistics 25*. Для оценки статистической значимости различий при сравнении уровней заболеваемости и плотности населения 2 смежных провинций Хатинь и Куангбинь, а также при сравнении 2 смежных коммун города

Донгхоя (входящего в провинцию Куангбинь) — Бакли и Намли — использовался тест Уилкоксона. Уровень статистической значимости «р» принимали равным 0,05.

Результаты исследования и обсуждение

Вьетнам включает в себя 58 провинций и 5 городов центрального подчинения (административные единицы провинциального уровня — далее провинция).

В течение наблюдаемого периода с 2017 по 2022 г. случаи заболевания ГЛД зарегистрированы во всех провинциях Вьетнама, за исключением Шонле (в 2018 и 2019 гг.), а также Лангшона, Лайчау, Каобанга (в 2021 г.), являющихся провинциями северного региона. По сравнению с провинциями южного региона средний многолетний уровень заболеваемости в провинциях северного региона ниже, за исключением Ханоя (189,6 ‰/10000) (рис. 1, 2). Уровень заболеваемости ГЛД в южном регионе Вьетнама превышает таковой в северном регионе и свидетельствует о влиянии климатических факторов на распространение переносчиков данной инфекции. В южном регионе климат тропический с круглогодичной температурой выше

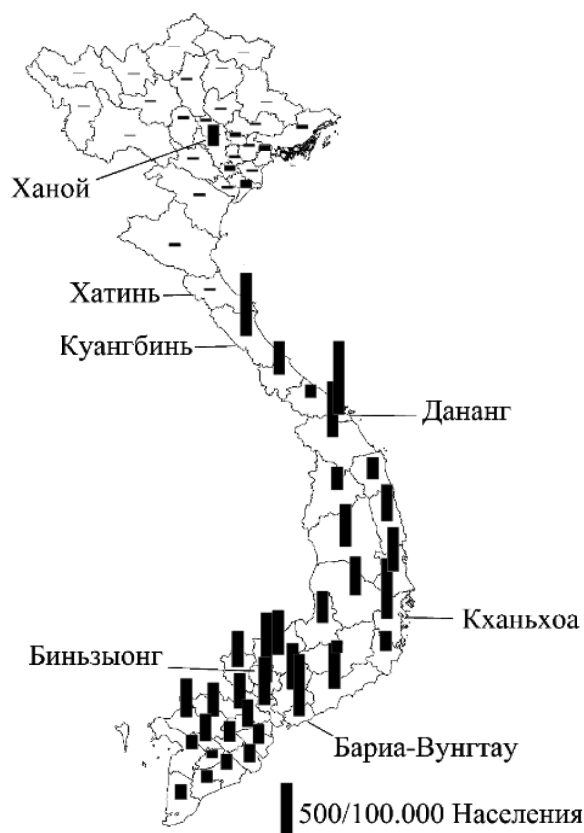


Рис. 1. Распределение средних многолетних уровней заболеваемости ГЛД по провинциям Вьетнама (2017 — 2022 гг.)

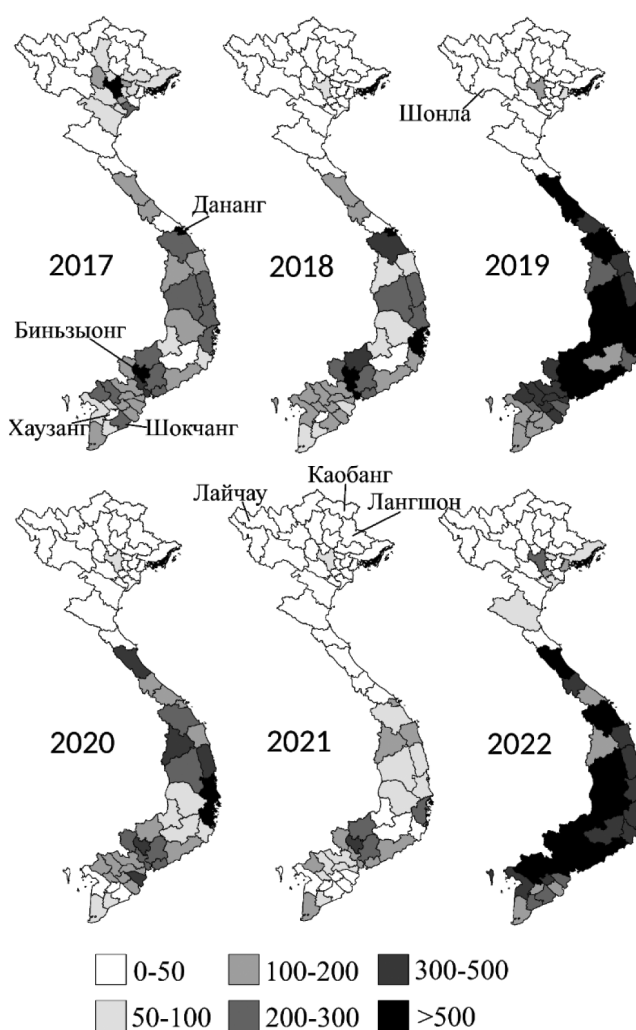


Рис. 2. Динамика распределения уровней заболеваемости ГЛД (на 100 000 населения) по провинциям Вьетнама (2017 — 2022 гг.)

20°C, что является благоприятным условием для размножения комаров, а низкая температура в зимние месяцы в северном регионе — неблагоприятным условием.

В 2017 г. наблюдался подъем уровня заболеваемости в провинциях северного региона и в 2 провинциях южного региона — Дананге и Биньзюнге, а в 2019 г. и 2022 г. — по всей стране. В 2018 г. и 2020 г. отмечен подъем уровней заболеваемости в отдельных провинциях. В 2021 г. в большинстве провинций наблюдалось связанное с распространением пандемии COVID-19 снижение выявляемости ГЛД и соответствующее уменьшение данных в отчетности о заболеваемости (см. рис. 2).

Провинциями с самыми высокими средними многолетними уровнями заболеваемости ГЛД являются Дананг (659,8 ‰/10000), Биньзюнг (623,3 ‰/10000), Куангбинь (565,5 ‰/10000), Бариа-Вунгтау (554,6 ‰/10000) и Кханьхоа (544,8 ‰/10000). Важно отметить, что уровни заболеваемости ГЛД в каждой провинции колебались в ши-

роких пределах. Например, уровень заболеваемости ГЛД, зарегистрированный в Куангбини в 2019 г. (1495,8 ‰/1000), является самым высоким во Вьетнаме за весь наблюдаемый период и в 14,8 раз превышает зарегистрированный в данной провинции уровень заболеваемости ГЛД в 2017 г. (100,8 ‰/1000) (табл. 1).

Выявлено резкое изменение уровней заболеваемости ГЛД в смежных провинциях — Хатини (20,1 ‰/1000) и Куангбини (565,5 ‰/1000), несмотря на то, что различия между климатическими показателями, влияющими на распространение комаров *Aedes* в данных провинциях, статистически не значимы (табл. 2).

Хотя плотность населения и количество городского населения в Хатини выше, чем в Куангбини ($p = 0,041$ и $p = 0,043$ соответственно), удельный вес городского населения и уровень заболеваемости ГЛД в Хатини ниже, чем в Куангбини ($p = 0,028$ и $p = 0,042$ соответственно).

При более подробном изучении особенностей распределения населения по территории Хатини и Куангбини по спутниковым снимкам, полученным с помощью приложения *Google Earth*, было установлено, что население Хатини распределяется по территории более равномерно по сравнению с Куангбинью. Это связано с тем, что большая часть территории Куангбини занята горами, в связи с чем основная масса населения сосредоточена в прибрежной области (рис. 3).

Аналогичное распределение населения отмечается в городе Хатини и городе Донгхое, которые являются городами провинциального подчинения Хатини и Куангбини соответственно. Хотя в 2020 г. плотность населения города Хатини и города Донгхоя составляет 1912 и 872 чел./км² соответственно, наибольшая плотность населения города Донгхоя сосредоточена в прибрежной области, а население города Хатини распределяется по территории равномерно (рис. 4).

Таблица 1

Многолетняя динамика уровней заболеваемости ГЛД в 5 провинциях с самой высокой средней многолетней заболеваемостью за период 2017–2022 гг. (на 100 000 населения)

Провинция	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Средний уровень
Дананг	832,2	597,0	1050,9	174,4	170,8	1133,8	659,8
Биньзыонг	627,3	673,2	712,1	388,9	444,8	893,7	623,3
Куангбинь	100,8	114,7	1495,8	478,7	27,8	1175,2	565,5
Бариа-Вунгтау	279,0	251,0	1414,6	202,8	113,1	1066,9	554,6
Кханьхоа	251,8	569,2	927,6	905,1	206,8	408,2	544,8
Вьетнам	195,2	147,2	344,1	139,8	73,7	373,9	212,3

Таблица 2

Сравнение смежных провинций Хатини и Куангбини по уровню заболеваемости ГЛД и некоторым демографическим и климатическим показателям (2017–2022 гг.)

Показатели	Провинции	2017	2018	2019	2020	2021	2022	p*
Уровень заболеваемости ГЛД (на 100 000 населения)	Хатинь	23,5	12,1	34,4	8,9	2,7	39,0	0,028
	Куангбинь	100,8	114,7	1495,8	478,7	27,8	1175,2	
Плотность населения (чел./км ²)	Хатинь	212	213	215	216	219	—	0,041
	Куангбинь	110	111	112	113	114	—	
Городское население (тыс.чел.)	Хатинь	237,3	245,1	253,9	287,8	293,0	—	0,043
	Куангбинь	182,3	185,2	188,2	207,1	210,1	—	
Удельный вес городского населения (%)	Хатинь	18,6	19,1	19,7	22,2	22,3	—	0,042
	Куангбинь	20,6	20,8	21,0	23,0	23,1	—	
Температура (°C)	Хатинь	23,60	24,83	26,01	25,56	25,13	—	0,068
	Куангбинь	24,9	24,9	26,3	25,6	—	—	
Осадок (мм)	Хатинь	2695	2065	2588	3122	2955	—	0,068
	Куангбинь	2547	1478	2090	3031	—	—	

— нет данных;

* — тест Уилкоксона.

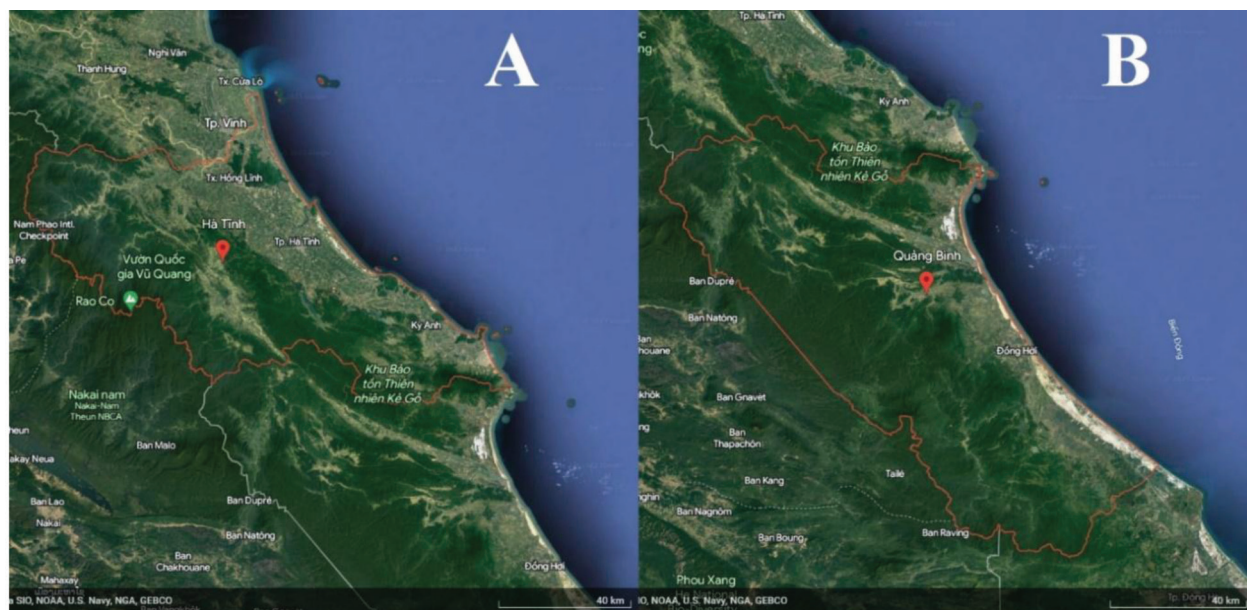


Рис. 3. Географические особенности Хатини (А) и Куангбини (В)

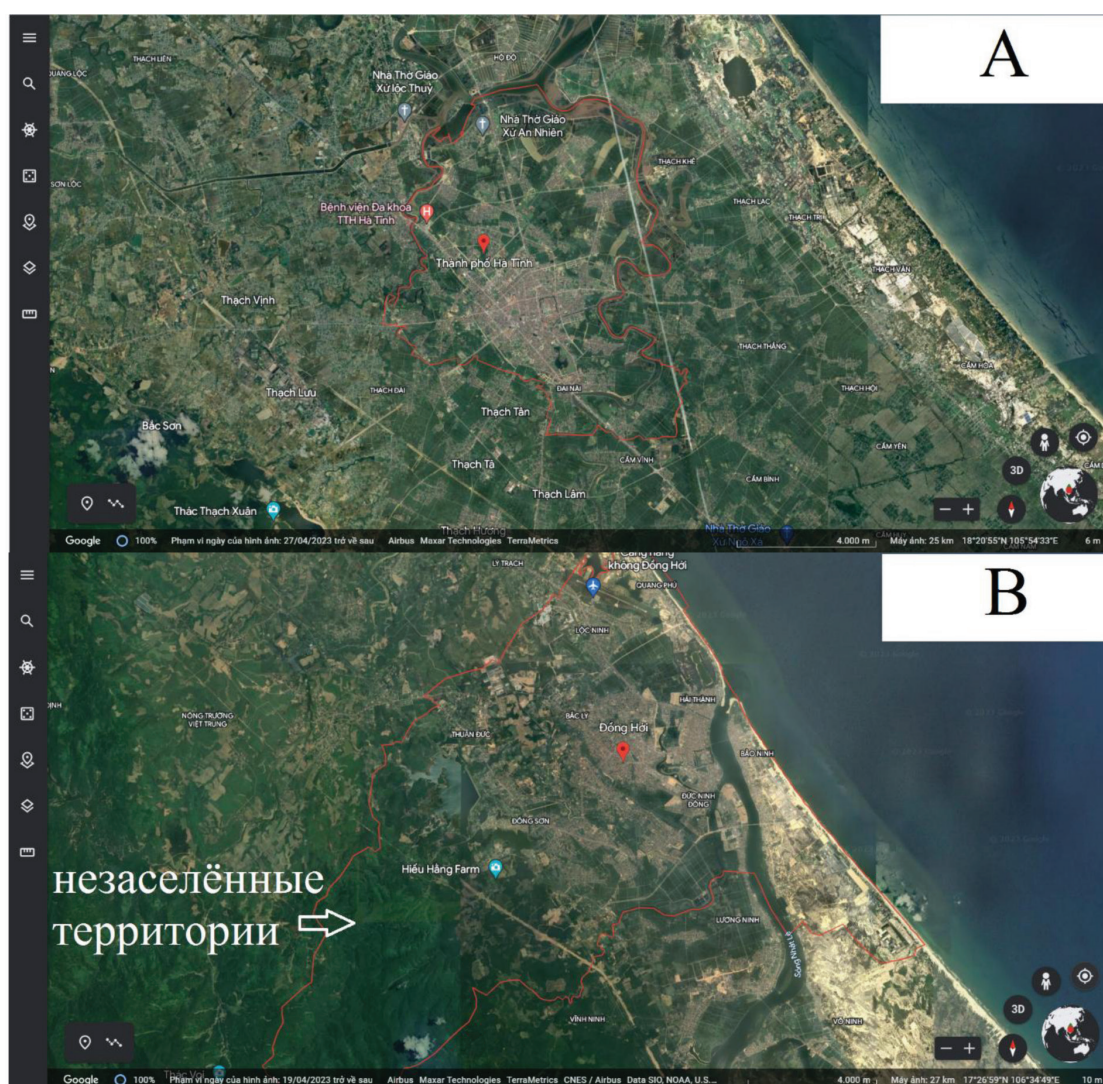


Рис. 4. Особенности распределения населения по территории городов провинциального подчинения Хатини (А) и Куангбини (В)

Необходимо подчеркнуть, что в условиях Вьетнама местами выплода *Aedes aegypti* является широкий спектр разнообразных резервуаров с водой, в том числе искусственных. К ним, например, относятся цветочные вазы, садовые ёмкости для воды, выброшенные автомобильные покрышки и другие подобные предметы, в которых скапливается дождевая вода и которые находятся в непосредственной близости от жилых домов. При этом некоторые исследователи отмечают, что места размножения комаров можно обнаружить и вдали от жилищ человека [9]. Кроме того, средняя дальность полёта комаров *Aedes aegypti* составляет 105,7 м [10]. Данные особенности переносчика обуславливают особое значение плотности населения и плотности застройки населённых пунктов в распространении ГЛД.

Таким образом, из-за особенностей распределения населения по территории истинная плотность населения Куангбини может превышать таковую в Хатини, что, с учётом особенностей биологии переносчика, обуславливает более благоприятные условия для распространения ГЛД. Аналогичный феномен наблюдается также в других смежных провинциях, например, в равнинных смежных провинциях Хаузанге и Шокчанге.

При сравнении Бакли и Намли, которые сопоставимы по исследованным критериям, в том числе и плотности населения, установлено, что среднемесячный уровень заболеваемости ГЛД в Намли (плотность населения — 4363 чел. на км²) статистически выше показателя в Бакли (плотность населения — 2220 чел. на км²) ($p=0,047$).

Кроме того, роль плотности населения в эпидемической передаче ГЛД отчётливо наблюдается в Ханое, показатель плотности населения которого в 2019 г. составляет 2410 чел./км². Хотя город находится на севере, средний многолетний уровень заболеваемости ГЛД за период 2017–2022 гг. составляет 189,6 ‰₀₀₀₀ и занимает 25-е место по уровням заболеваемости ГЛД, что выше, чем в 11 провинциях южного региона.

Географическое разнообразие распределения населения отмечается также в других провинциях. Кроме того, неоднородность распределения населения наблюдается и в пределах одной провинции (рис. 5).

На рисунке 5 отчётливо видна неравномерность плотности населения на исследованных территориях. При условии одинаковых воздействий других факторов (климатических факторов, плотности переносчика, иммунной прослойки населения, вирулентности возбудителя, проводимых санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий и др.), если в населённом пункте появляется случай ГЛД, количество людей, находящихся под угрозой зара-

жения данной инфекции, в ситуации 1 очевидно выше, чем в ситуации 2.

Выявлено, что в провинциях южного региона, в которых население сосредоточивается в определённых местах, уровень заболеваемости ГЛД в 2017 г. (год без подъёма уровней заболеваемости ГЛД) был невысоким, но в 2019 г. и 2022 г. — чрезмерно высоким, а в провинциях с более равномерным распределением населения уровень заболеваемости ГЛД колебался в меньших пределах. Поскольку в отношении данной инфекции неточность в регистрации и отчётности о заболеваемости, привычки и знание местного населения, а также эффективность проводимых санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий и др. в каждой административной единице имеют более или менее постоянный характер, наблюдаемое явление свидетельствует о том, что, наряду с прочими факторами, особенность распределения населения играет важную роль в распространении ГЛД.

Приведённые материалы демонстрируют возможности применения геоинформационной системы (ГИС) для целей эпидемиологического анализа. С помощью ГИС-программ данные представляются в виде интерактивных электронных карт, что облегчает восприятие информации, даёт возможность проведения анализа в географическом контексте и выполнения других процедур, что, в свою очередь, способствует получению более полной информации. С помощью приложения *Google Earth* специалист может анализировать ландшафтные особенности интересующих его территорий в режиме, близком к реальному времени, и получать информацию, которую нельзя получить с помощью таблиц, диаграмм и других средств визуализации данных.

В настоящее время имеются отдельные данные по разработке аналитических и прогностических моделей для оптимизации эпидемиологического надзора за ГЛД [11]. При этом во Вьетнаме в настоящее время влияние плотности населения для разработки прогностических моделей не учитывается или плотность населения провинций применяется без учёта географического разнообразия распределения населения (то есть истинной плотности населения) [4, 7, 12]. Это может являться причиной низкой достоверности прогноза. Кроме того, особенность распределения населения по территории также может влиять на распространение других инфекционных заболеваний, особенно трансмиссивных инфекций, например, лихорадки Чикунгунья, Зика, желтой лихорадки.

Заключение

Таким образом, эпидемиологическая обстановка по ГЛД во Вьетнаме характеризуется высоки-

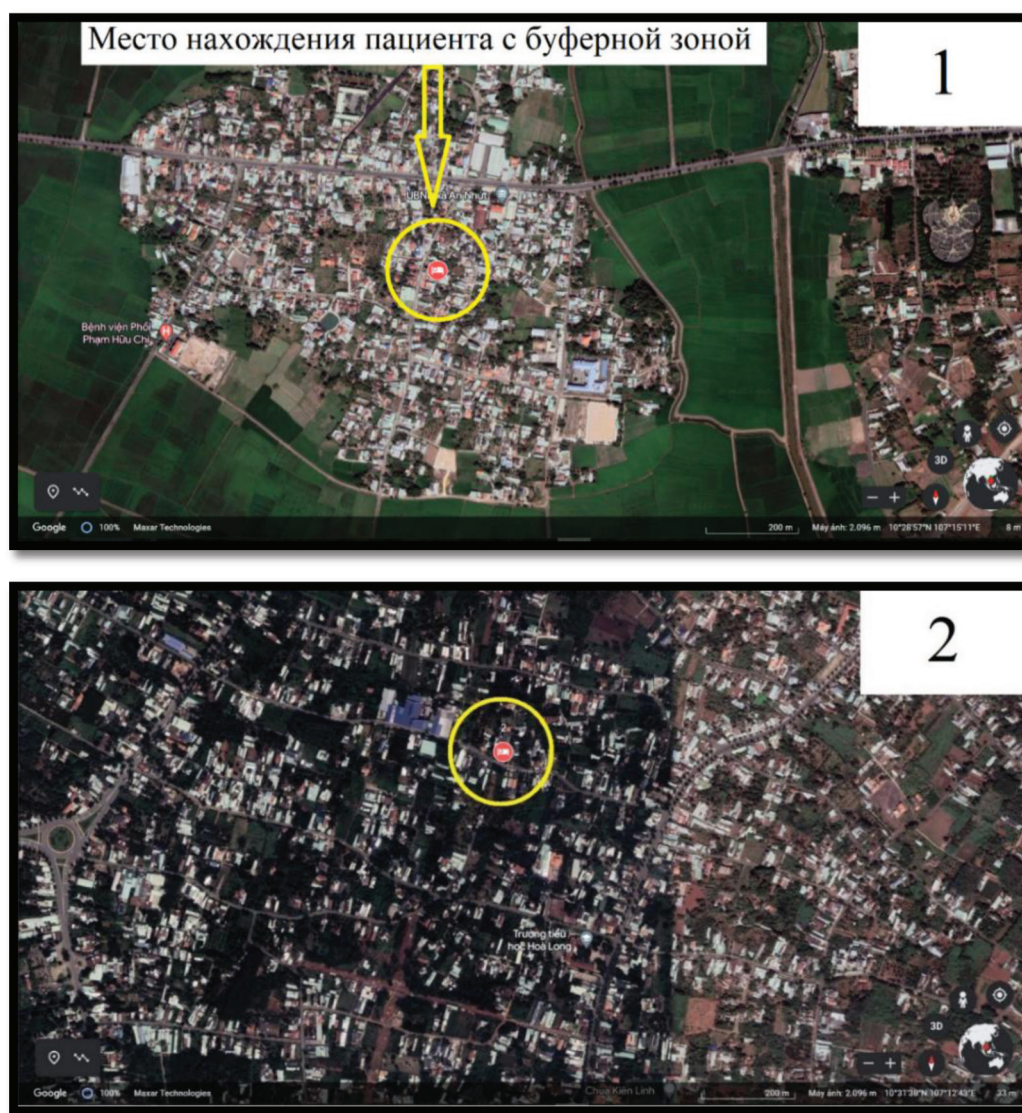


Рис. 5. Географическое разнообразие распределения населения в Вариа-Вунгтау

ми уровнями заболеваемости и географической неоднородностью её распределения по административным территориям в связи с климато-географическими и социально-экономическими характеристиками страны. При проведении эпидемиологического анализа заболеваемости ГЛД и надзора за ней необходимо учитывать не только климатические и социально-экономические факторы, но и географическое разнообразие распределения истинной плотности населения различных административно-территориальных единиц государства. Применение ГИС-технологий является одним из перспективных способов усовершенствования эпидемиологического надзора за ГЛД, повышая визуализацию данных и обеспечивая возможности не только для анализа заболеваемости в реальном времени, но и прогнозирования эпидемиологической обстановки на конкретных административных территориях.

Благодарности

Авторы выражают благодарность Военному институту профилактической медицины и Департаменту профилактической медицины Вьетнама за помощь при сборе данных.

Литература

1. Zeng Z, Zhan J, Chen L, et al. Global, regional, and national dengue burden from 1990 to 2017: A systematic analysis based on the global burden of disease study 2017. *Clinical Medicine*. 2021; 32(15): e100712. DOI: 10.1016/j.eclinm.2020.100712.
2. Messina JP, Brady OJ, Golding N, et al. The current and future global distribution and population at risk of dengue. *Nature microbiology*. 2019; 4(9): 1508-1515. DOI: 10.1038/s41564-019-0476-8.
3. Cục y tế dự phòng và phòng chống HIV/AIDS. Báo cáo tổng kết dự án phòng chống SD/SXHD quốc gia và khu vực từ 1999-2002. 2003.
4. Nguyen VH, Tuyet-Hanh TT, Mulhall J, et al. Deep learning models for forecasting dengue fever based on climate data

in Vietnam. PLoS Neglected Tropical Diseases. 2022; 16(6): e0010509. DOI: 10.1371/journal.pntd.0010509.

5. Vũ HH, Tòng TTH, Phạm QT, và cs. Số xuất huyết dengue tại Việt Nam giai đoạn 1999 – 2020. Tạp Chí Y học Dự phòng. 2022; Số 32. 2 Phụ bản. tr9 – 15. DOI: 10.51403/0868-2836/2022/603.

6. Hung TM, Clapham HE, Bettis AA, et al. The estimates of the health and economic burden of dengue in Vietnam. Trends in parasitology. 2018; 34(10): 904-918. DOI: 10.1016/j.pt.2018.07.007.

7. Yin S, Ren C, Shi Y, et al. A Systematic Review on Modeling Methods and Influential Factors for Mapping Dengue-Related Risk in Urban Settings. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2022; 19(22): e15265. DOI: 10.3390/ijerph192215265.

8. Хоанг, В.Т. Медико-географическая характеристика Социалистической Республики Вьетнам в аспекте инфекционной заболеваемости на современном этапе / В.Т. Хоанг [и др.] // Сборник статей Всероссийской межведомственной научно-практической конференции, посвящённой 100-летию со дня рождения академика В.Д. Белякова / под ред. А.А. Кузина. — СПб.: ВМедА, 2022. — С. 92 – 98.

9. ECDC. Aedes aegypti — Factsheet for experts. URL: <https://www.ecdc.europa.eu/en/disease-vectors/facts/mosquito-factsheets/aedes-aegypti>

10. Moore TC, Brown HE. Estimating Aedes aegypti (Diptera: Culicidae) Flight distance: meta-data analysis. Journal of Medical Entomology. 2022; 59(4): 1164-1170. DOI: 10.1093/jme/tjac070.

11. Жуков, К.В. Использование географической информационной системы в эпидемиологическом надзоре на примере арбовирусных инфекций / К.В. Жуков [и др.] // Инфекционные болезни: Новости. Мнения. Обучение. — 2021. — № 10(2). — С. 16-24. DOI: 10.33029/2305-3496-2021-10-2-16-24.

12. Colón-González FJ, Soares BL, Hofmann B, et al. Probabilistic seasonal dengue forecasting in Vietnam: A modeling study using superensembles. PLoS medicine. 2021; 18(3): e1003542. DOI: 10.1371/journal.pmed.1003542.

References

1. Zeng Z, Zhan J, Chen L, et al. Global, regional, and national dengue burden from 1990 to 2017: A systematic analysis based on the global burden of disease study 2017. Clinical Medicine. 2021; 32(15): e100712. DOI: 10.1016/j.eclinm.2020.100712.

2. Messina JP, Brady OJ, Golding N, et al. The current and future global distribution and population at risk of dengue. Na-

ture microbiology. 2019; 4(9): 1508-1515. DOI: 10.1038/s41564-019-0476-8.

3. Department of Preventive Medicine and HIV/AIDS Prevention. Summary report of national and regional dengue prevention and control projects from 1999-2002. 2003 (in Vietnamese).

4. Nguyen VH, Tuyet-Hanh TT, Mulhall J, et al. Deep learning models for forecasting dengue fever based on climate data in Vietnam. PLoS Neglected Tropical Diseases. 2022; 16(6): e0010509. DOI: 10.1371/journal.pntd.0010509.

5. Vũ HH, Tòng TTH, Phạm QT, et al. Dengue hemorrhagic fever in Vietnam in the period 1999 – 2020. Journal of Preventive Medicine. 2022; No. 32. Supplement 2. p9 – 15. DOI: 10.51403/0868-2836/2022/603 (in Vietnamese).

6. Hung TM, Clapham HE, Bettis AA, et al. The estimates of the health and economic burden of dengue in Vietnam. Trends in parasitology. 2018; 34(10): 904-918. DOI: 10.1016/j.pt.2018.07.007.

7. Yin S, Ren C, Shi Y, et al. A Systematic Review on Modeling Methods and Influential Factors for Mapping Dengue-Related Risk in Urban Settings. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2022; 19(22): e15265. DOI: 10.3390/ijerph192215265.

8. Hoang VT, Golubcov OJ, Zobova AA. Medical-geographical characteristics of the Socialist Republic of Vietnam in terms of infectious diseases at the present stage. Collection of articles of the All-Russian Interdepartmental Scientific and Practical Conference dedicated to the 100th anniversary of Academician V.D. Belyakova. Edited by A.A. Kuzin. Saint Petersburg. 2022. p.92-98 (in Russian).

9. ECDC. Aedes aegypti — Factsheet for experts. URL: <https://www.ecdc.europa.eu/en/disease-vectors/facts/mosquito-factsheets/aedes-aegypti>

10. Moore TC, Brown HE. Estimating Aedes aegypti (Diptera: Culicidae) Flight distance: meta-data analysis. Journal of Medical Entomology. 2022; 59(4): 1164-1170. DOI: 10.1093/jme/tjac070.

11. Zhukov KV, Udovichenko SK, Nikitin DN, et al. The use of geographic information system in epidemiological surveillance on the example of arbovirus infections. Infektsionnye bolezni: Novosti. Mneniya. Obuchenie. 2021; 10(2): 16-24. DOI: 10.33029/2305-3496-2021-10-2-16-24 (in Russian).

12. Colón-González FJ, Soares BL, Hofmann B, et al. Probabilistic seasonal dengue forecasting in Vietnam: A modeling study using superensembles. PLoS medicine. 2021; 18(3): e1003542. DOI: 10.1371/journal.pmed.1003542.

Авторский коллектив:

Хоанг Ван Тхан — адъюнкт кафедры (общей и военной эпидемиологии) Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова; врач кафедры военной эпидемиологии Военно-медицинской академии Вьетнама; тел.: +7-911-953-76-45, e-mail: hoangthan.hvqy@gmail.com

Кузин Александр Александрович — начальник кафедры (общей и военной эпидемиологии) Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова, д.м.н., профессор; тел.: 8(812)329-71-77, e-mail: paster-spb@mail.ru

Зобов Андрей Евгеньевич — заместитель начальника кафедры (общей и военной эпидемиологии) Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова, к.м.н.; тел.: +7-950-031-84-26, e-mail: dr.andrey98@yandex.ru

Ха Тхе Тан — заместитель начальника Военного института профилактической медицины, к.м.н.; тел.: +84-904-04-02-25, e-mail: hathetan@gmail.com

Зобова Анна Андреевна — студент Института машиностроения, материалов и транспорта Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого; тел.: +7-996-780-28-79, e-mail: zobova.2019@mail.ru