

# МИКРОБИОЛОГИЯ И ВИРУСОЛОГИЯ

## MICROBIOLOGY AND VIROLOGY

DOI: 10.12737/article\_59e8bd10164039.21079786

УДК 578.4

Верхозина М.М.<sup>2</sup>, Козлова И.В.<sup>1</sup>, Дорощенко Е.К.<sup>1</sup>, Лисак О.В.<sup>1</sup>, Демина Т.В.<sup>3</sup>, Ткачев С.Е.<sup>4</sup>,  
Джиоев Ю.П.<sup>5</sup>, Сунцова О.В.<sup>1</sup>, Савинова Ю.С.<sup>1</sup>, Парамонов А.И.<sup>1</sup>, Злобин В.И.<sup>5</sup>

### РАСПРОСТРАНЕНИЕ ГЕНОТИПОВ ВИРУСА КЛЕЩЕВОГО ЭНЦЕФАЛИТА В РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ЛАНДШАФТОВ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

<sup>1</sup> ФГБНУ «Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека»  
(664003, г. Иркутск, ул. Тимирязева, 16, Россия)

<sup>2</sup> ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Иркутской области»  
(664047, г. Иркутск, ул. Трилиссера, 51, Россия)

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского»  
(664038, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный, Россия)

<sup>4</sup> ФГБУН Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН  
(630090, г. Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 8, Россия)

<sup>5</sup> ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России  
(664003, г. Иркутск, ул. Красного Восстания, 1, Россия)

Для поиска ответа на вопрос о роли некоторых экологических факторов в формировании гетерогенной вирусной популяции проведён анализ распространения генотипов вируса клещевого энцефалита (ВКЭ) в различных типах ландшафтов Восточной Сибири. В ходе исследования показано, что ареал ВКЭ на всех обследованных ландшафтных территориях Восточной Сибири представлен не только ВКЭ генотипа 3, абсолютное доминирование которого отмечено в изученных районах независимо от того, в каких ландшафтных зонах расположены очаги, но и штаммами других генотипов. Связь генотипов 1, 3 и «политиповых» штаммов с определённым видом ландшафта и степенью их освоённости человеком не установлена. Преобладающее количество штаммов ВКЭ генотипа 5 выделено из материала, собранного в Забайкалье, в ландшафтах горной тайги. Они так же, как и штамм генотипа 4, обнаруживаются в очагах, где отмечена совместная циркуляция нескольких генотипов ВКЭ. Штаммы ВКЭ генотипа 2 выявлены в ландшафтах тайги равнин и плато и островных степей и лесостепей южной части Предбайкалья. Кроме того, обнаружение РНК ВКЭ генотипа 2 в составе «политиповых» штаммов 763-87 и 765-87, выделенных в пойменных и лесостепных ландшафтах Баргузинской котловины, не исключает вероятность циркуляции ВКЭ генотипа 2 в очагах Забайкалья.

Наибольшая генетическая вариабельность отмечена в районах, располагающихся вдоль озера Байкал, а также в юго-восточной части Забайкалья.

**Ключевые слова:** вирус клещевого энцефалита, генотип, тип ландшафта, Восточная Сибирь

### THE DISTRIBUTION OF TICK-BORNE ENCEPHALITIS VIRUS GENOTYPES IN DIFFERENT TYPES OF LANDSCAPES OF EASTERN SIBERIA

Verkhovina M.M.<sup>2</sup>, Kozlova I.V.<sup>1</sup>, Doroshchenko E.K.<sup>1</sup>, Lisak O.V.<sup>1</sup>, Demina T.V.<sup>3</sup>,  
Tkachev S.E.<sup>4</sup>, Dzhioev Yu.P.<sup>5</sup>, Suntsova O.V.<sup>1</sup>, Savinova Yu.S.<sup>1</sup>, Paramonov A.I.<sup>1</sup>,  
Zlobin V.I.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Scientific Centre for Family Health and Human Reproduction Problems  
(ul. Timiryazeva 16, Irkutsk 664003, Russian Federation)

<sup>2</sup> Centre of Hygiene and Epidemiology in the Irkutsk Region  
(ul. Trilissera 51, Irkutsk 664047, Russian Federation)

<sup>3</sup> Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky  
(Molodezhny, Irkutsk District 664038, Irkutsk Region, Russian Federation)

<sup>4</sup> Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine, Siberian Branch of the Russian Academy  
of Sciences (pr. Akademika Lavrentieva 8, Novosibirsk 630090, Russian Federation)

<sup>5</sup> Irkutsk State Medical University  
(ul. Krasnogo Vosstaniya 1, Irkutsk 664003, Russian Federation)

To find out what is the role of some environmental factors in the formation of a heterogeneous viral population, the analysis of the distribution of tick-borne encephalitis virus (TBEV) genotypes in different types of landscapes of Eastern Siberia has been carried out.

In our study, it was shown that TBEV area in all investigated landscapes of Eastern Siberia is represented not only by TBEV of genotype 3, absolute dominance of which is noted in the studied regions, regardless the landscapes where the

*foci are located, but also by strains of other genotypes. The relationship between genotypes 1, 3 and "polytypic" strains with a certain type of landscape and the degree of their development by man has not been established. The prevailing number of strains of TBEV genotype 5 is isolated from the material collected in the Transbaikalia, in the landscapes of the mountain taiga. They, as well as the strain of genotype 4, are found in the foci, where joint circulation of several TBEV genotypes is noted. The strains of TBEV genotype 2 were revealed in the landscapes of plains and plateaus taiga and insular steppes and forest steppes of the southern part of the Baikal region. Moreover, the detection of RNA of TBEV genotype 2 in the "polytypic" 763-87 and 765-87 strains isolated in the floodplain and forest-steppe landscapes of the Barguzin hollow does not exclude the possibility of circulation of TBEV genotype 2 in the Transbaikalian foci. The greatest genetic heterogeneity of TBEV is observed in natural foci located along Lake Baikal and in the southeastern part of Transbaikalia.*

**Key words:** tick-borne encephalitis virus, genotype, landscape type, Eastern Siberia

## ВВЕДЕНИЕ

В результате исследований генетической вариабельности вируса клещевого энцефалита (ВКЭ) на территории Восточной Сибири нами установлена циркуляция трёх основных генотипов (субтипов) ВКЭ – урало-сибирского (генотип 3), дальневосточного (генотип 1) и европейского (генотип 2). Кроме того, в ходе работ нами были выявлены штаммы ВКЭ с уникальной генетической структурой – штамм 178-79 (генотип 4) и штаммы «группы 886» (генотип 5), а также так называемые «политиповые» штаммы, обладающие генетическими маркерами нескольких генотипов [1, 2, 3, 4, 5]. Таким образом, нами было показано, что популяция ВКЭ, циркулирующего в природных очагах региона, гетерогенна по генетической структуре. Очаги КЭ в Восточной Сибири простираются от Красноярского до Забайкальского края и занимают зону среднетаёжных и южно-таёжных лесов. Они расположены в разных типах ландшафтов – от высокогорья до межгорных лесостепных и степных котловин, отличающихся климатическими условиями, составом растительности и фаунистических группировок. Вместе с тем вопросы о том, какова роль экологических факторов в формировании гетерогенной вирусной популяции и, в частности, о том, существует ли приуроченность того или иного генотипа ВКЭ к определённому типу ландшафта, до сих пор оставались без ответа.

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Охарактеризовать генетическую структуру популяций ВКЭ в зависимости от распространения в различных ландшафтных зонах Восточной Сибири.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

**Вирусы и изоляты РНК.** В работе использовано 196 штаммов ВКЭ из коллекции ФГБНУ «Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека» (г. Иркутск), выделенных на территории Восточной Сибири.

**Методы.** Генотипирование ВКЭ выполнялось с помощью трёх молекулярно-генетических технологий: МГНК, ПЦР в режиме реального времени с генотип-специфическими флуоресцентными зондами, секвенированием полного генома и его фрагментов.

Компьютерный анализ полученных последовательностей осуществляли с помощью программы MEGA 5.0 [7]. Для сравнения использовали последовательности фрагментов генома штаммов вируса КЭ, относящихся к различным генетическим типам, из базы данных GenBank. Поиск гомологии полученных

нуклеотидных последовательностей с уже известными последовательностями фрагментов геномов вируса КЭ проводили с помощью программы BLAST (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/blast/>).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для поиска ответа на вопрос о том, какова роль некоторых экологических факторов в формировании гетерогенной вирусной популяции, нами проведён анализ распространения генотипов ВКЭ в различных типах ландшафтов Восточной Сибири.

Очаги КЭ в Восточной Сибири, в которых были изолированы изучаемые нами штаммы, в Красноярском крае и Предбайкалье относятся к низкогорной тайге и к зоне перехода от возвышенностей к равнинному фону, а в Забайкалье – к горным районам, где наблюдается резкая смена горно-таёжного ландшафта и переход его в лесостепь и степь за счёт образования большого числа межгорных понижений типа котловин и впадин.

Большая часть штаммов ВКЭ (105) была изолирована из материала, собранного в природных очагах, приуроченных к ландшафтам равнин и плато, 85 штаммов – на территории горных районов с высотной поясностью ландшафтов, 5 – в пойменных очагах. Среди горных ландшафтов мы выделили средне- и низкогорные (1600–600 м), подгорные и горно-котловинные (600–450 м), которые подразделили на несколько подтипов в зависимости от вертикальной поясности растительного покрова и его связи с формами рельефа. Основные виды ландшафтов равнин и плато были представлены тайгой и островными степями и лесостепями.

Очаги, приуроченные к ландшафтам горной тайги, лугово-болотно-ерниковых долин и межгорных котловин, относятся по степени освоённости человеком к мало нарушенным очагам, изредка посещаемым местными жителями с хозяйственно-бытовыми целями.

Ландшафты горно-таёжных таёжных предгорий, таёжных среднегорий с вторичными осиновыми и берёзовыми лесами, таёжных предгорий по южному побережью Байкала, тайги равнин и плато нарушены пожарами и вырубками в результате лесохозяйственной деятельности человека.

Очаги, расположенные в ландшафтах предгорной тайги, переходящих в лесостепные, а также пойменные лугово-кустарниковые с лугово-болотными ассоциациями, относятся к территориям, хорошо освоённым человеком (выпас скота, сенокос, летние станы животноводов и т. д.).

Очаги таёжных среднегорий с элементами лесостепи, лесостепные, расположенные по днищам и склонам межгорных понижений, и степные с участками сосновых лесов и остепнённых лугов, островных степей и лесостепей относятся к очагам пастбищно-агрохозяйственного лесостепного типа, значительно нарушенным хозяйственной деятельностью человека.

Анализ ландшафтно-географического распространения генотипов ВКЭ на территории Восточной Сибири показал, что штаммы генотипа 3 обнаруживаются в природных очагах, представленных всеми видами ландшафтов (табл. 1). В восточной части ареала (Забайкальский край, Республика Бурятия) границы его распространения отмечены с 50°13' по 55°15' с.ш., в западной и юго-западной части региона (Красноярский край и республика Хакасия) – с 53°11' до 57°12' с.ш.

Циркуляция ВКЭ генотипа 1 зафиксирована в Предбайкалье (Иркутская область) в основных видах ландшафтов тайги и плато (52°2'–53°54' с.ш.), а также в Забайкалье в средне- и низкогорных ландшафтах, представленных горной тайгой предгорий и таёжными среднегорьями с элементами лесостепи (50°59'–53°30' с.ш.).

Штаммы генотипа 2 обнаружены в значительно нарушенных очагах лесостепных ландшафтов Предбайкалья, переходящих в тайгу равнин и плато с долинными лиственничными бруснично-зеленомошными и вторичными осиново-березовыми лесами (Иркутский и Эхирит-Булагатский районы Иркутской области). Область распространения ВКЭ генотипа 2 проходит между 52°6'–53°54' с.ш. и 104°6'–105°29' в.д.

Штамм 178-79 выделен из клещей *Ixodes persulcatus*, собранных в ландшафтах островных степей и лесостепей Предбайкалья (Эхирит-Булагатский район Иркутской области, ключевой участок с. Олой), где разнообразие ВКЭ представлено генотипами 1, 2, 3 и «политиповым» штаммом.

Штаммы ВКЭ генотипа 5 выявлены в Забайкалье в ландшафтах горной тайги предгорий (Баргузинский район Республики Бурятия) и в юго-западной части Забайкалья в ландшафтах таёжных среднегорий (Красночикойский район Забайкальского края), переходящих в таёжные среднегорья с элементами лесостепи (Бичурский район Республики Бурятия и Петровск-Забайкальский район Забайкальского края). В этих очагах отмечена совместная циркуляция ВКЭ генотипа 5 с ВКЭ генотипов 1 и 3. В Предбайкалье единственный штамм ВКЭ генотипа 5 обнаружен в очаге, представленном предгорными лесами тайги равнин и плато, где установлена циркуляция генотипов 1, 2, 3 и «политиповых» штаммов (ключевой участок Красный Яр, расположенный на территории Эхирит-Булагатского района Иркутской области).

«Политиповые» штаммы встречаются в Забайкалье: в средне- и низкогорных ландшафтах горно-таёжных предгорий и лесостепей, расположенных по днищам и склонам межгорных понижений; в подгорных и горно-котловинных ландшафтах таёжных предгорий по южному побережью Байкала; в пойменных лугово-кустарниковых с лугово-болотными

ассоциациями ландшафтах. В Предбайкалье «политиповые» штаммы обнаружены в тайге равнин и плато и в лесостепных ландшафтах равнин и плато. Область их распространения совпадает с таковой штаммов генотипа 3 в средне- и низкогорных и пойменных ландшафтах, а в очагах, расположенных в ландшафтах равнин и плато, установлена их совместная циркуляция с ВКЭ генотипов 1, 2, 3, 4 и 5.

Анализ распространения генотипов ВКЭ в основных типах ландшафтов показал, что в горной тайге и таёжно-ерниковых котловинах обнаруживаются генотипы 1, 3, 5 и «политиповые» штаммы ВКЭ (табл. 2). В ландшафтах тайги равнин и плато циркулирует ВКЭ тех же генотипов, и, кроме того, выявлен штамм генотипа 2. Разнообразие ВКЭ, выявленное в южной части ареала – в лесостепных и степных межгорных котловинах, – представлено штаммами всех генотипов, за исключением генотипа 5. В пойменных очагах установлена циркуляция ВКЭ генотипа 3 и «политиповых» штаммов.

Штаммы генотипа 3 занимают доминирующее положение во всех основных типах ландшафтов (от 68,5 % в очагах, расположенных в ландшафтах горной тайги, до 100 % – в степных ландшафтах). Процентное соотношение штаммов генотипа 1, выделенных из материала, собранного в природных очагах, приуроченных к ландшафтам горной тайги и таёжно-ерниковых котловинах, тайги равнин и плато и лесостепи, почти не отличалось и составило 10,0 %, 10,7 % и 9,1 % соответственно. Основная часть штаммов генотипа 2 обнаружена в очагах лесостепных ландшафтов, где они составили 6,8 % от всего числа изолятов. Большинство штаммов ВКЭ генотипа 5 выявлено в средне- и низкогорных таёжных ландшафтах (18,6 % от всех изолятов, выделенных в ландшафтах горной тайги). «Политиповые» штаммы в небольшом количестве встречаются во всех типах основных ландшафтов.

Таким образом, можно заключить, что ареал ВКЭ на всех обследованных ландшафтных территориях Восточной Сибири представлен не только ВКЭ генотипа 3, абсолютное доминирование которого отмечено в изученных районах независимо от того, в каких ландшафтных зонах расположены очаги, но и штаммами других генотипов. Связь генотипов 1, 3 и «политиповых» штаммов с определенным видом ландшафта и степенью их освоенности человеком не установлена. Преобладающее количество штаммов ВКЭ генотипа 5 выделено из материала, собранного в Забайкалье, в ландшафтах горной тайги. Они также, как и штамм генотипа 4, обнаруживаются в очагах, где отмечена совместная циркуляция нескольких генотипов ВКЭ. Штаммы ВКЭ генотипа 2 выявлены в ландшафтах тайги равнин и плато и островных степей и лесостепей южной части Предбайкалья. Кроме того, обнаружение РНК ВКЭ генотипа 2 в составе «политиповых» штаммов 763-87 и 765-87, выделенных в пойменных и лесостепных ландшафтах Баргузинской котловины, не исключает вероятность циркуляции ВКЭ генотипа 2 в очагах Забайкалья.

Наибольшая генетическая вариабельность отмечена в районах, располагающихся вдоль озера Байкал, а также в юго-восточной части Забайкалья.

**Таблица 1**  
**Ландшафтно-географическое распространение различных генотипов ВКЭ на территории Восточной Сибири**  
**Table 1**  
**Landscape-geographical distribution of different TBEV genotypes in the territory of Eastern Siberia**

| Виды ландшафтов                                      |   | Участок сбора  | Координаты   | Генотипы   |              |
|--|---|--|--|--|--------------|
| Горные территории с высотной поясностью              | Средне- и низкотерные (1600–600 м)  | Южнотаежная зона Красноярского края, заповедник «Столбы»   | 55°57' с.ш., 92°45' в.д.   | 3  |              |
|  |   | Юг Иркутской области (Слюдянский район)  | 51°40' с.ш., 103°41' в.д.  | 3  |              |
|  |   | Горно-таежные таежных предгорий светлохвойные с сосново-лиственничными лесами по травяно-моховому покрову с ерниковыми зарослями.  | Северо-запад Бурятии, (Северо-Байкальский район)   | 55°55' с.ш., 109°45' в.д.                            | 3, П (1/3)   |
|  |   | Горно-таежные и горной тайги предгорий светлохвойные с лиственнично-сосновыми с примесью березы и осины по травяно-брусничному покрову с рододендронам лесами.                             | Северо-восточная Бурятия, Баргузинская долина (Баргузинский район)   | 53°30' с.ш., 109°46' в.д.; 53°28' с.ш., 109°44' в.д. | 1, 3, 5      |
|  |   |  | Республика Бурятия, южное побережье оз. Байкал (Кабанский район)   | 51°58' с.ш., 106°24' в.д.                            | 3, 1         |
|  |   | Таежные среднегорья с элементами лесостепи с вторичными осиновыми и березовыми лесами.   | Республика Хакасия, Бейский район  | 52°50' с.ш., 91°24' в.д.                             | 3            |
|  |   |  | Юго-запад Забайкальского края (Красночикийский район)  | 50°13' с.ш., 108°42' в.д.                            | 3, 5         |
|  |   |  | Юго-запад Забайкальского края (Петровск-Забайкальский район)   | 51°17' с.ш., 108°50' в.д.                            | 3            |
|  |   |  | Юг Бурятии (Бичурский район)   | 50°59' с.ш., 107°59' в.д.                            | 1, 3, 5      |
|  |   | Лесостепные, расположенные по днищам и склонам межгорных понижений светлохвойные с лиственнично-сосновыми с примесью березы и осины по травяно-брусничному покрову с рододендронам лесами. | Северо-восточная Бурятия, Баргузинская долина (Курумканский район)   | 54°28' с.ш., 110°28' в.д.                            | 3, П (1/2/3) |
| Республика Хакасия (Бейский район)                   | 53°11' с.ш., 91°17' в.д.  |  | 3  |  |              |
| Горные территории с высотной поясностью              | Подгорные и горно-котловинные (600–450м)  | Центральная часть Бурятии (Иволгинский район)  | 51°30' с.ш., 107°11' в.д.  | 3  |              |
|  |   | Юго-восточная часть Бурятии (Тункинский район)   | 51°49' с.ш., 102,18' в.д.  | 3  |              |
|  |   | Красноярский край, Канская лесостепная котловина (Канский, Ирбейский районы)   | 55°9' с.ш., 96°6' в.д.; 56°42' с.ш., 94°55' в.д.   | 3  |              |
|  |   | Республика Бурятия, среднее побережье оз. Байкал (Прибайкальский район)  | 52°59' с.ш., 108°7' в.д.   | П (1/3)  |              |
| Лугово-болотно-ерниковых долин и межгорных котловин. | Северо-восток Бурятии (Баунтовский район)   | 55°15' с.ш., 113°7' в.д.   | 3  |  |              |
| Равнин и плато                                       | Тайги равнин и плато с долинными лиственничными бруснично-зеленомошными и вторичными осиново-березовые лесами.  | Приленские районы Иркутской области (Жигаловский, Качугский)   | 54°23'–54°54' с.ш., 104°26'–105°50' в.д.; 57°12' с.ш., 94°53' в.д.   | 3  |              |
|  |   | Районы УОБО Иркутской области (Эхирит-Булагатский)   | 52°32' с.ш., 105°29' в.д.; 52°39' с.ш., 104°47' в.д.   | 1, 2, 3, 5, П (1/3), П (1/2/3)                       |              |
|  |   | Среднетаежная зона Красноярского края (Тасеевский район)   | 57°12' с.ш., 94°53' в.д.   | 3  |              |
|  | Островных степей и лесостепей с разнотравно-злаковыми луговыми степями, переходящими в сосновые леса с примесью березы и осины по травяно-брусничному покрову с рододендронам даурским. | Районы УОБО Иркутской области (Эхирит-Булагатский, Нукутский)  | 52°54' с.ш., 105°2' в.д. 53°7' с.ш., 105°2' в.д.   | 1, 2, 3, 4, П (1/2/3)                                |              |
|  |   | Присяянские юго-западные районы Иркутской области (Иркутский, Шелеховский, Ангарский, Зиминский)   | 54°8' с.ш., 102°10' в.д.; 54°34' с.ш., 103°55' в.д.; 52°6'–52°31' с.ш., 104°6'–104°51' в.д.; 52°2' с.ш., 104°1' в.д. | 1, 2, 3, П (3/2)                                     |              |
| Азональные   | Пойменные лугово-кустарниковые с лугово-болотными ассоциациями.   | Республика Бурятия, Кабанский район  | 51°58' с.ш., 106°21' в.д.  | 3  |              |
|  |   | Республика Бурятия, Баргузинский район   | 53°52' с.ш., 109°57' в.д.  | 3, П (1/2/3)   |              |



**Таблица 2**

**Распространение штаммов ВКЭ различных генотипов в основных типах ландшафтов (абс./%)**

**Table 2**

**Distribution of TBEV strains of different genotypes in the main types of landscapes (abs./%)**

| Основные ландшафты                        | Генотипы  |          |            |          |           |          | Всего      |    |
|---|-----------|----------|------------|----------|-----------|----------|------------|----|
|   | 1         | 2        | 3          | 4        | 5         | П        |            |    |
| Горная тайга и таежно-ерниковые котловины | 7/10,0    | –        | 48/68,5    | –        | 13/18,6   | 2/2,9    | 70         |    |
| Тайга равнин и плато                      | 3/10,7    | 1/3,6    | 22/78,5    | –        | 1/3,6     | 1/3,6    | 28         |    |
| Лесостепные и степные межгорные котловины | Лесостепь | 8/9,1    | 6/6,8      | 69/78,4  | 1/1,1     | –        | 4/4,6      | 88 |
|   | Степь     | –        | –          | 4/100    | –         | –        | –          | 4  |
| Пойма рек                                 | –         | –        | 4/80       | –        | –         | 1/20     | 5          |    |
| <b>Всего</b>                              | <b>18</b> | <b>7</b> | <b>147</b> | <b>1</b> | <b>14</b> | <b>8</b> | <b>195</b> |    |

В Предбайкалье это территория Иркутской области с благоприятными климатическими условиями, расположенная в южной части между 52°32'–52°54' с.ш. и 104°47'–105°29' в.д., включающая участки сбора материала в Иркутском и Эхирит-Булагатском районах. Здесь сочетаются ландшафты островных степей и лесостепей, значительно нарушенных хозяйственной деятельностью человека, переходящие в ландшафты тайги равнин и плато. В Забайкалье это: 1) северо-восточные районы с более суровым климатом, приуроченные к Баргузинской котловине, где представлены горнотаёжные, лесостепные и пойменные ландшафты; 2) районы с более мягким климатом, непосредственно примыкающие к средней и южной части оз. Байкал; 3) юго-западные районы, где таёжные среднегорья сочетаются с элементами лесостепи. В районах, расположенных западнее вышперечисленных территорий (Зиминский район Иркутской области, Красноярский край и Республика Хакасия), популяция вируса КЭ более однородна и представлена штаммами генотипа 3, несмотря на то, что разнообразие ландшафтов и, следовательно, переносчиков ВКЭ и их прокормителей выражено также широко.

Возможно, генетическая вариабельность ВКЭ в Прибайкалье связана с его особым географическим положением в центре азиатского континента и историей формирования территории. Байкальская рифтовая зона, представляющая систему горных хребтов и межгорных впадин – один из важнейших зоогеографических рубежей Палеарктики. Здесь проходят границы ареалов большого числа видов флоры и фауны западного и восточного происхождения, представляющих в целом сложное генетически разнородное образование. Если экстраполировать концепцию происхождения современного видового разнообразия представителей флоры и фауны на территории Прибайкалья на вирусные популяции, то становится понятным обнаружение в данном регионе ВКЭ генотипа 2, циркулирующего преимущественно на западных территориях, и генотипа 1, доминирование которого отмечается в регионах, расположенных восточнее.

Ещё один фактор, который может способствовать распространению различных генотипов на

территории Прибайкалья, – это видовое разнообразие орнитофауны данного региона. В районе озера Байкал гнездится более 230 видов птиц. Из них подавляющее большинство (более 80 %) относятся к категории перелётных. Через Прибайкалье проходят перелётные пути многих видов северных и некоторых западных птиц, перелетающих зимовать на юг Китая, в Корею, Индию и к берегам Австралии. Некоторые птицы улетают в Монголию и Северную часть Китая. Поскольку птицы могут переносить клещей на значительные расстояния [6, 8, 9, 10], существует возможность заноса ВКЭ генотипа 2 с западных, а генотипа 1 – с юго-восточных территорий, где они доминируют, с последующей адаптацией к местным экологическим условиям.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в ходе данного исследования нами впервые проведён анализ распространения генотипов ВКЭ в различных типах ландшафтов на территории Восточной Сибири. Приуроченность генотипов ВКЭ к определённым видам ландшафта установить не удалось. Однако показано, что наибольшая генетическая гетерогенность ВКЭ отмечается в природных очагах, располагающихся вдоль озера Байкал и в юго-восточной части Забайкалья, где выражено разнообразие ландшафтных формаций, переносчиков вируса и их прокормителей.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-04-013360\_а.*

### ЛИТЕРАТУРА REFERENCES

1. Верховзина М.М., Злобин В.И., Козлова И.В., Демина Т.В., Джиоев Ю.П., Беликов С.И., Борисов В.А., Данчинова Г.А., Арбатская Е.В., Лисак О.В., Дорощенко Е.К., Протасова Е.Г. Эколого-генетический анализ популяции вируса клещевого энцефалита в Восточной Сибири // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. – 2007. – № 4. – С. 53–59.

Verkhovzina MM, Zlobin VI, Kozlova IV, Demina TV, Dzhioev YuP, Belikov SI, Borisov VA, Danchinova GA, Arbatskaya EV, Lisak OV, Doroshchenko EK, Protasova EG. (2007). Ecological and genetic analysis of the tick-borne

encephalitis virus population in Eastern Siberia [Ekologo-geneticheskiy analiz populyatsii virusa kleshchevogo entsefalita v Vostochnoy Sibiri]. *Bulleten' Vostocno-Sibirskogo nauchnogo centra*, (4), 53-59.

2. Верховина М.М., Козлова И.В., Демина Т.В., Джиоев Ю.П., Дорощенко Е.К., Лисак О.В., Карань Л.С., Ткачев С.Е., Злобин В.И. Молекулярно-эпидемиологическая и эколого-географическая характеристика вируса клещевого энцефалита в Восточной Сибири // Инфекции, передаваемые клещами в Сибирском регионе. – 2011. – С. 84–108.

Verkhovina MM, Kozlova IV, Demina TV, Dzhioev YuP, Doroshchenko EK, Lisak OV, Karan LS, Tkachev SE, Zlobin VI. (2011). Molecular-epidemiological and ecological-geographical characteristics of tick-borne encephalitis virus in Eastern Siberia [Molekulyarno-epidemiologicheskaya i ekologo-geograficheskaya kharakteristika virusa kleshchevogo entsefalita v Vostochnoy Sibiri]. *Infektsii, peredavaemye kleshchami v Sibirskom regione*, (30), 84-108.

3. Демина Т.В., Джиоев Ю.П., Козлова И.В., Верховина М.М., Ткачев С.Е., Дорощенко Е.К., Лисак О.В., Парамонов А.И., Злобин В.И. Генотипы 4 и 5 вируса клещевого энцефалита: особенности структуры геномов и возможный сценарий их формирования // Вопросы вирусологии. – 2012. – № 4. – С. 12–19.

Demina TV, Dzhioev YuP, Kozlova IV, Verkhovina MM, Tkachev SE, Doroshchenko EK, Lisak OV, Paramonov AI, Zlobin VI. (2012). Genotypes 4 and 5 of tick-borne encephalitis virus: features of the genome structure and possible scenario of their formation [Genotipy 4 i 5 virusa kleshchevogo entsefalita: osobennosti struktury genomov i vozmozhnyy stsensariy ikh formirovaniya]. *Voprosy virusologii*, (4), 12-19.

4. Злобин В.И., Борисов В.А., Верховина М.М., Малов И.В., Холмогорова Г.Н. Клещевой энцефалит в Восточной Сибири. – Иркутск: РИО ВСНЦ СО РАМН, 2002. – 182 с.

Zlobin VI, Borisov VA, Verkhovina MM, Malov IV, Kholmogorova GN. (2002). Tick-borne encephalitis in

Eastern Siberia [*Kleshchevoy entsefalit v Vostochnoy Sibiri*]. Irkutsk, 182 p.

5. Козлова И.В., Верховина М.М., Демина Т.В., Джиоев Ю.П., Ткачев С.Е., Карань Л.С., Дорощенко Е.К., Лисак О.В., Сунцова О.В., Парамонов А.И., Черноиванова О.О., Ревизор А.О., Злобин В.И. Генетические и биологические свойства оригинальной группы штаммов вируса клещевого энцефалита, циркулирующей в Восточной Сибири // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. – 2012. – № 64. – С. 14–25.

Kozlova IV, Verkhovina MM, Demina TV, Dzhioev YuP, Tkachev SE, Karan LS, Doroshchenko EK, Lisak OV, Suntsova OV, Paramonov AI, Chernoiwanova OO, Revizor AO, Zlobin VI. (2012). Genetic and biological properties of the original group of tick-borne encephalitis virus strains circulating in Eastern Siberia [Geneticheskie i biologicheskie svoystva original'noy gruppy shtammov virusa kleshchevogo entsefalita, tsirkuliruyushchey v Vostochnoy Sibiri]. *Epidemiologiya i vaktinoprofilaktika*, (64), 14-25.

6. Львов Д.К., Ильичев В.Д. Миграция птиц и перенос возбудителей инфекций. – М.: Наука, 1979. – 270 с.

Lvov DK, Ilyichev VD. (1979). The migration of birds and the transport of infectious agents [*Migratsiya ptits i perenos vzbuditeley infektsiy*]. Moskva, 270 p.

7. Dudley J, Nei M, Kumar S. (2007). MEGA 4: Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) software version 4.0. *Mol Biol Evol*, 24, 1596-1599.

8. Hayasaka D, Suzuki Y, Kariva H. (1999). Phylogenetic and virulence analysis of tick-borne encephalitis viruses from Japan and far-eastern Russia. *J Gen Virol*, 80 (12), 3127-3135.

9. Hoogstraal H, Kaiser MN, Traylor MA. (1963). Ticks (Ixodidae) on birds migrating from Europe and Asia to Africa 1956–1961. *Bull World Health Organ*, 28, 235-262.

10. Waldenstrum J, Lundkvist A, Falk KI. (2007). Migrating birds and tick-borne encephalitis viruses. *Emerg Infect Dis*, 13 (8), 1215-1218.

#### Сведения об авторах Information about the authors

**Верховина Марина Михайловна** – доктор биологических наук, биолог вирусологической лаборатории, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Иркутской области» (664047, г. Иркутск, ул. Триллссера, 51; тел. (3952) 23-41-97; e-mail: mverkhov@rambler.ru)

**Verkhovina Marina Mikhailovna** – Doctor of Biological Sciences, Biologist at the Virology Laboratory, Centre of Hygiene and Epidemiology in the Irkutsk Region (664047, Irkutsk, ul. Trilissera, 51; tel. (3952) 23-41-97; e-mail: mverkhov@rambler.ru)

**Козлова Ирина Валерьевна** – доктор медицинских наук, заведующая лабораторией молекулярной эпидемиологии и генетической диагностики, ФГБНУ «Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека» (664003, г. Иркутск, ул. Тимирязева, 16; тел. (3952) 33-39-51; e-mail diwerhoz@rambler.ru)

**Kozlova Irina Valeryevna** – Doctor of Medical Sciences, Head of the Laboratory of Molecular Epidemiology and Genetic Testing, Scientific Centre for Family Health and Human Reproduction Problems (664003, Irkutsk, ul. Timiryazeva, 16; tel. (3952) 33-39-51; e-mail diwerhoz@rambler.ru)

**Дорощенко Елена Константиновна** – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории молекулярной эпидемиологии и генетической диагностики, ФГБНУ «Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека» (e-mail: doroshchenko-virus@mail.ru)

**Doroshchenko Elena Konstantinovna** – Candidate of Biological Sciences, Research Officer at the Laboratory of Molecular Epidemiology and Genetic Testing, Scientific Centre for Family Health and Human Reproduction Problems (e-mail: doroshchenko-virus@mail.ru)

**Лисак Оксана Васильевна** – младший научный сотрудник лаборатории молекулярной эпидемиологии и генетической диагностики, ФГБНУ «Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека» (e-mail: lisak.liza@rambler.ru)

**Lisak Oksana Vasilyevna** – Junior Research Officer at the Laboratory of Molecular Epidemiology and Genetic Testing, Scientific Centre for Family Health and Human Reproduction Problems (e-mail: lisak.liza@rambler.ru)

**Демина Татьяна Васильевна** – доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции и ветсанэкспертизы, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского» (664038, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный; тел. (3952) 20-75-26; e-mail: demina2006@mail.ru)

**Demina Tatyana Vasilievna** – Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor at the Department of the Technology of Production and Processing of Agricultural Products and Veterinary-Sanitary Evaluation, Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (664038, Irkutsk Region, Irkutsk District, Molodezhny; tel. (3952) 20-75-26; e-mail: demina2006@mail.ru)

**Ткачев Сергей Евгеньевич** – кандидат биологических наук, младший научный сотрудник, ФГБУН Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН (630090, г. Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 8; тел. (383) 363-51-37; e-mail: sergey.e.tkachev@mail.ru)

**Tkachev Sergey Evgenievich** – Candidate of Biological Sciences, Junior Research Officer, Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (630090, Novosibirsk, pr. Akademika Lavrentieva, 8; tel. (383) 363-51-37; e-mail: sergey.e.tkachev@mail.ru)

**Джиоев Юрий Павлович** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России (664003, г. Иркутск, ул. Красного Восстания, 1; тел. (3952) 24-38-25; e-mail: alanir07@mail.ru)

**Dzhioev Yuri Pavlovich** – Candidate of Biological Sciences, Senior Research Officer, Irkutsk State Medical University (664003, Irkutsk, ul. Krasnogo Vosstaniya, 1; tel. (3952) 24-38-25; e-mail: alanir07@mail.ru)

**Сунцова Ольга Владимировна** – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории молекулярной эпидемиологии и генетической диагностики, ФГБНУ «Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека» (e-mail: olga\_syntsova@list.ru)

**Suntsova Olga Vladimirovna** – Candidate of Biological Sciences, Research Officer at the Laboratory of Molecular Epidemiology and Genetic Testing, Scientific Centre for Family Health and Human Reproduction Problems (e-mail: olga\_syntsova@list.ru)

**Савинова Юлия Сергеевна** – младший научный сотрудник лаборатории молекулярной эпидемиологии и генетической диагностики, ФГБНУ «Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека» (e-mail: vippersona2389@rambler.ru)

**Savinova Yulia Sergeevna** – Junior Research Officer at the Laboratory of Molecular Epidemiology and Genetic Testing, Scientific Centre for Family Health and Human Reproduction Problems (e-mail: vippersona2389@rambler.ru)

**Парамонов Алексей Игоревич** – лаборант-исследователь лаборатории молекулярной эпидемиологии и генетической диагностики, ФГБНУ «Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека» (e-mail: paramonov\_a.i@mail.ru)

**Paramonov Aleksey Igorevich** – Clinical Research Assistant at the Laboratory of Molecular Epidemiology and Genetic Testing, Scientific Centre for Family Health and Human Reproduction Problems (e-mail: paramonov\_a.i@mail.ru)

**Злобин Владимир Игоревич** – академик РАН, заведующий кафедрой микробиологии, вирусологии и иммунологии с курсом клинической лабораторной диагностики, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России (e-mail: vizlobin@mail.ru)

**Zlobin Vladimir Igorevich** – Academician of RAS, Head of the Department of Microbiology, Virology and Immunology with the Course of Clinical Laboratory Diagnostics, Irkutsk State Medical University (e-mail: vizlobin@mail.ru)