

А.П. Савченко, Н.В. Карпова, П.А. Савченко, С.О. Андреев

## ИММУНОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВИРУСОВ ГРИППА А СУБТИПОВ H5 И H7 НА ЮГЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ СИБИРИ

ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» (Красноярск)

*Впервые на территории юга Центральной Сибири проведено масштабное исследование диких и синантропных птиц на наличие вирусов гриппа А (ВГА). Наряду с использованием традиционных методов лабораторного изучения патогенов в РТГА и ПЦР выполнены орнитологические исследования в местах повышенной концентрации птиц и на пролетных путях. Изучена также многолетняя динамика выделения положительных проб, содержащих специфичные антитела к ВГА субтипов H5 и H7 и РНК-генама этих субтипов. Установлено, что заражение и перезаражение птиц ВГА происходит не только на зимовках, но и в период размножения на водоемах юга Центральной Сибири. Сеголетки активно вовлекаются в эпизоотический процесс в июле, когда передаваемые трансвариальным путем материнские антитела исчезают. Учитывая, что временной интервал между пиками выделения положительных проб в РТГА и ПЦР составляет 3 года, иммунологический мониторинг позволяет проводить комплекс профилактических мероприятий до начала массового падежа птиц.*

**Ключевые слова:** вирусы гриппа А (ВГА), диагностика вирусов гриппа, пролетные пути, миграция птиц, особо опасные патогены, экологическая безопасность

## IMMUNOLOGICAL MONITORING OF THE INFLUENZA VIRUS A SUBTYPE H5 AND H7 DISTRIBUTION IN SOUTH OF CENTRAL SIBERIA

A.P. Savchenko, N.V. Karpova, P.A. Savchenko, S.O. Andreyev

Siberian Federal University, Krasnoyarsk

*For the first time in the south of the Central Siberia carried out large-scale study of wild and synanthropic birds for the presence of influenza A viruses. Along with the traditional methods of laboratory study of pathogens in Merskey's reaction and PCR carried out ornithological research in areas of high concentrations of birds and flyways. Also studied the long-term dynamics of isolation of positive samples containing specific antibody to influenza virus A subtypes H5 and H7 and genomic RNA of these subtypes. It was found that infection and reinfection of birds by avian influenza doesn't take place only during the wintering grounds, but also the breeding season in the water keepings of the south of the Central Siberia. Chicks are actively involved in the epizootic process in July, when transovarially transmitted maternal antibodies disappear. Because of the peak interval of positive samples selection in Merskey's reaction and PCR is 3 years, it is possible to organize an immunological monitoring followed by preventive programs development of birds deaths.*

**Key words:** virus influenza A, diagnosis of influenza virus, flyways, migration of birds, the most dangerous pathogens, environmental safety

Водоплавающим и околотовным птицам принадлежит основная роль в поддержании циркуляции ВГА в диких биоценозах, среди которых инфекция передается фекально-оральным/назальным способом, вызывая обычно мягкую или субклинически протекающую болезнь. Обширный ареал обитания этих птиц и слабовирулентная природа инфекции у них обеспечивает циркуляцию ВГА птиц в природных условиях. Некоторые виды диких уток могут быть носителями вируса гриппа H5 подтипа до трех недель [7]. Кроме того, вирус гриппа птиц успешно выделяли из свежих фекальных масс птиц, а также из неконцентрированной озерной воды [8]. Это указывает на то, что водоплавающие птицы могут с высокой эффективностью инфицироваться через фекальные массы и загрязненную воду водоемов [5, 7]. Таким образом, судя по всему, наиболее обычный путь распространения вируса гриппа среди птиц — фекально-оральная или фекально-назальная трансмиссия.

Очевидно, что профилактика вероятностных осложнений должна быть основана на разработке и широком применении всего комплекса мер,

препятствующих реассортации вирусов гриппа, в процессе которой могут появляться его варианты, передающиеся от человека к человеку [3]. Иммунологический мониторинг, включающий серологическую диагностику, полезен не только для слежения за участием в эпизоотическом процессе птиц различных видов и экологических групп, определения роли «промежуточных видов», тесно контактирующих с хозяйствами по разведению домашней птицы, он важен также для разработки эффективного прогноза возникновения и вероятного сценария развития эпизоотии, основанных на знаниях о факторах и механизмах ее инициации.

Использование современных технических средств позволяет вести пассивный надзор с целью раннего выявления больных или ослабленных птиц, который должен быть сосредоточен в местах концентрации синантропных и птиц водно-болотного комплекса, особенно, когда такие территории находятся вблизи хозяйств по разведению домашней птицы.

Целью исследования являлось изучение динамики выделения положительных проб на наличие

специфичных антител и РНК вирусов гриппа А (ВГА) у диких и синантропных птиц на территории юга Центральной Сибири.

Лабораторные работы проведены в вирусологическом отделе специализированного ветеринарного учреждения КГУ «Краевая ветеринарная лаборатория». Авторы выражают признательность и благодарность директору лаборатории П.М. Демчину и заведующей вирусологическим отделом Л.В. Шматовой за помощь, оказанную в лабораторном исследовании проб.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования являлись дикие перелетные птицы, в основном экологически связанные с водоемами, и синантропные — врановые, голубеобразные и некоторые представители отряда воробьинообразных. Всего обследовано 165 видов птиц. Миграции целого ряда видов в условиях юга Центральной Сибири неразрывно связаны с поймами рек и озерами. В зарослях тростника ночуют трясогузки *M. flava* и *M. citreola*, скворцы *S. vulgaris*, бледные ласточки *R. diluta*, над водой кормятся деревенские ласточки *H. rustica*, а в прибрежной зоне — коньки *Anthus* и подорожники *Calcarius lapponicus*. Фактически эти виды воробьиных с утками, чайками и куликами образуют один биотический комплекс. Синантропные птицы, активно посещающие прибрежные зоны водоемов и выступающие в роли переносчика ВГА, безусловно, представляют серьезную угрозу возможного заноса возбудителя на домашних птиц. Поэтому в настоящей работе этой группе птиц было уделено особо пристальное внимание.

Для оптимизации поисковых работ на начальном этапе был проведен многофакторный анализ компонентов, имеющих индикационное значение, для выявления экологических параметров, обуславливающих высокую степень вероятности участия птиц в эпизоотическом процессе. Тестовая система, позволяющая ранжировать птиц по степени вероятного участия в эпизоотическом процессе на основе суммы мест (по биологическому индексу, вероятности контагеоза, встречаемости, стайности и др., всего 25 параметров), выступала в качестве эвристической модели, отвечая принципу оптимальности в отборе видов-индикаторов [2].

Забор проб на анализ инфицированности вирусом гриппа у наиболее массовых и потенциально опасных птиц проводили в течение 2006–2011 гг. Сделан лабораторный анализ 12 234 проб сывороток крови на наличие антител к ВГА на тест-системах РТГА. Из них, 4 288 проб было взято у представителей семейства врановых, что составило 35,1 % от их общего числа птиц. Для выявления заражения и идентификации РНК-гена исследованы 3 334 проб биоматериала и клоакальных смывов в ПЦР, из которых врановые составили 355 проб или 10,6 %.

Отбор биологического материала проводили в 5 группах районов Красноярского края (Южной, Ачинской, Центральной, Канской и Енисейской),

на территории Республики Хакасия и в небольшом объеме — в Республике Тыва. Материал отбирался с соблюдением действующих правил и инструкций Минсельхоз РФ [1, 4]. Для взятия биологического материала применяли метод избирательного отлова и отстрела диких и синантропных видов птиц, имеющих высокий индекс эпизоотической опасности. У птиц средних размеров кровь отбирали из подкрыльцовой вены в стерильные пробирки, увлажненные физиологическим раствором.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ

Иммунологический мониторинг птиц на территории Красноярского края в зависимости от орнитологической обстановки, времени и частоты поступления положительных проб позволил выделить шесть основных периодов.

*Нулевой период* (с 15 марта по 20 апреля, 15–22-я пентады) выделяется отсутствием положительных проб, несмотря на начало миграции водоплавающих птиц.

*Первый* (с 21 апреля по 15 мая, 23–27-я пентады) совпадает с массовой миграцией водоплавающих на юге Центральной Сибири и началом гнездования таких раннеприлетных видов, как кряква и чирок-свистун, от которых и были выделены положительно реагирующие пробы.

*Второй период* (с 16 мая по 14 июня, 28–33-я пентады) характеризуется отсутствием или небольшим числом проб в начале, хотя именно в это время на Ачинском и Красноярском миграционных участках идет массовый пролет ряда видов водоплавающих. Резкое увеличение доли положительных проб отмечено во второй половине периода. На ключевых водоемах гусеобразные составляли до 30,0 % суммарного обилия учитываемых видов. Доминировали из них широконоска (18,5 %), чирок-трескун (18,2 %) и красногловая чернеть (12,8 %). Период отличался максимальным значением индекса видовой разнообразия, рассчитанным среди инфицированных птиц. Наряду с гусеобразными среди реагирующих положительно отмечены представители поганкообразных (*Podiceps auritus*), ржанкообразных (*Vanellus vanellus*) и воробьиных (*Riparia riparia*). Из гусеобразных абсолютно доминировал чирок-трескун (47,4 %), на втором месте была широконоска (12,5 %). Именно в этот период отмечено максимальное среднее значение титров  $107,0 \pm 12,4$ , при сравнительно небольшом варьировании отдельных значений ( $C_v = 59,1$ ).

*Третий период* (с 15 июня по 14 июля, 34-39-я пентады) выделяемые антитела к ВГА-субтипа Н5 были с более низким ( $P < 0,01$ ), в сравнении с предыдущим периодом, средним значением титров —  $58,1 \pm 13,5$  при  $C_v = 101,0$ . Произошло также заметное снижение индекса видовой разнообразия среди инфицированных птиц. Период характеризовался разнообразными биологическими явлениями: гнездованием, линькой водоплавающих, вылуплением птенцов у уток, гусей, появлением слетков у ряда воробьиных птиц, гнездящихся

видов куликов и, наконец, началом обратной миграции взрослых северных куликов.

В четвертый период (с 15 июля по 28 августа, 40–48-я пентады) получено наибольшее число положительных проб с антителами, специфичными к ВГА-субтипа H5; в долевого отношении на этот период пришлось более 49 % от их общего числа. Среди реагирующих положительно отмечены представители гусеобразных (*Anas platyrhynchos*, *A. crecca* (pull, subad), *A. clypeata*, *A. querquedula*), поганкообразных (*Podiceps nigricollis*), ржанкообразных (*Larus ridibundus* (pull, subad), *L. canus* (pull, subad) и журавлеобразных (*Fulica atra* (pull, subad)). Распределение долей среди гусеобразных от третьего периода отличалось возрастанием участия кряквы (36,8 %) и чирка-свистунка (26,3 %) при снижении роли широконоски (10,5 %).

Суммарно гусеобразные равнялись 50,0 % от общего числа положительных проб в этот период, которые были представлены 4 видами. Другую долю хотя и составляли 3 отряда, но среди них абсолютно доминировала лысуха (36,8 %). Среднее значение титров статистически не различалось от предыдущего периода ( $P > 0,05$ ) и составило  $64,1 \pm 6,6$  при  $C_v = 86,5$ . Близким был и индекс видового разнообразия. Во второй половине июля взрослые утиные заканчивали линьку, но птенцы в своей массе еще оставались нелетными, что ограничивало их пространственное перемещение. Произошло заметное увеличение обилия скворцов по берегам водоемов Ширинского и Бейского районов Хакасии. За счет вылета части молодых (около 50 % колоний) возросла численность и бледных ласточек.

Пятый период (с 29 августа по 1 ноября, 49-61-я пентады). Несмотря на продолжительность (65 дней) в этот период выделялось незначительное число положительно реагирующих проб: у гусеобразных (*Anas penelope*, *A. crecca*), журавлеобразных — у *Fulica atra* (pull.) и воробьиобразных (*Corvus corone orientalis*). Третья декада августа для перелетных водоплавающих птиц характеризовалась окончательным становлением на крыло молодняка текущего года и птиц, закончивших линьку. В полной мере происходили миграционные процессы, шло формирование предотлетных скоплений, а в поведении птиц отчетливо проявлялись элементы миграционного состояния. В пределах Енисейского миграционного участка, за исключением миграций гусеобразных и ржанкообразных, формировался типичный зимний состав авифауны, но по долине Енисея наблюдали пролет сизой чайки, белохвостого песочника, турухтана и некоторых видов уток. В лесостепной и подтаежной частях Минусинской котловины разнообразие птиц и их количество было высоким. Фоновыми являлись врановые, представленные грачем и черной вороной, довольно много держалось клинтухов (стаи до 50 особей). По окраинам увлажненных участков встречались желтые трясогузки, в лесополье — черноголовые чеканы, полевые жаворонки, славки, степные коньки, в местах выпаса скота крупными стаями перелетали скворцы.

Во второй половине сентября после снижения миграционной активности, которая отчетливо проявилась в четвертой пентаде сентября, был вновь отмечен интенсивный пролет уток. Заметное увеличение обилия нырков под Красноярском произошло 22–25 сентября, когда на протоках Енисея сформировались их скопления из 200–300 особей. На прудах и очистных сооружениях 26–28 сентября были отмечены шилохвосты, а через несколько дней стали доминировать связи. Из воробьиных были многочисленны чернозобые дрозды, рябинники, синехвостки, клесты-еловики, обыкновенные овсянки, овсянки-ремезы, черные вороны, грачи, сороки и полевые воробьи. В мелколиственных подтаежных лесах дрозды нередко образовывали смешанные стаи до 100–150 особей.

В Ачинской лесостепи уток, летящих транзитом в западном и юго-западном направлениях ( $A = 200 - 270^\circ$ ), отмечали как в ночные, так и дневные часы. В районе оз. Интиколь 29–30.09.2006 г. на высоте 200–500 м было учтено 19 стай по 25–150 особей, а на водоеме сосредоточилось около 5,0 тыс. уток, преимущественно шилохвосты, связи, хохлатой чернети. Там же держались крупные стаи чирка-грескунка, серой утки, кряквы, широконоски, весьма обычными были гоголь и красноголовая чернеть. Сравнительно высокая доля таких «южных» уток, как *Anas querquedula*, *A. clypeata*, *A. strepera*, *A. platyrhynchos*, вероятно, связана с поздними сроками размножения их в Приангарье.

В 2008 г. резко возросло число выделяемых проб, содержащих РНК вирусов гриппа А субтипов H5 и H7, что отразилось на общей динамике положительных проб. Наибольшее число проб (более 80,0 %), содержащих РНК вирусов гриппа субтипов H5 и H7, выделено с 25 июня (36 pt) по 28 августа (48 pt): 25 или 42,4 % от общего числа — у представителей отряда Anseriformes (*Anas crecca*, *A. platyrhynchos*, *Aythya ferina*, *A. clypeata*, *Aythya fuligula*, *A. querquedula*, *A. acuta*, *Mergus merganser*); 20 проб (33,9 %) — у Passeriformes (*Riparia diluta*, *Corvus frugilegus*, *Sturnus vulgaris*, *Corvus corone*, *Passer montanus*, *Acrocephalus agricola*, *Motacilla flava*); 8 (13,6 %) — у Charadriiformes (*Larus canus*, *Philomachus pugnax*, *Larus ridibundus*); 4 (6,8 %) — Gruiformes (*Fulica atra*); 1 (1,7 %) — Podicipediformes (*Podiceps cristatus*); 1 (1,7 %) — Ciconiiformes (*Ardea cinerea*).

Весенний пролет птиц завершается в июне (35-я pt) в степной зоне перемещениями стрижей (*A. apus*, *A. pacificus*), а в южной тайге — прилетом *Sylvia communis rubicola* и *Locustella certhiola sparsimstriata*. Однако интенсивность перемещений на водоемах региона и во время массового появления пуховичков у водоплавающих птиц сохраняется довольно высокой за счет как подлета и формирования ночевки скворцов, так и подвижек ряда видов улитов.

Очевидно, что дифференциация положительных проб по наличию антител и РНК вирусов

гриппа А-субтипов Н5 и Н7 в 2006–2011 гг. характеризует два различных процесса: в первом случае, инфицированность птиц, во втором – вирусоносительство (рис. 1). В целом, на фоне снижения напряженности иммунитета и значительного сокращения численности ряда видов птиц (*A. platyrhynchos*, *A. crecca*, *A. clypeata*, *Aythya ferina*, *Fulica atra* и др.) произошло резкое возрастание вирусоносительства с 1,1 % в 2007 г. до 11,4 % – в 2008 г. Его снижение отмечено нами в 2009–2011 гг. до 1,6; 5,7 и 4,2 % соответственно (рис. 1).

Различается также и динамика доли положительных проб у диких и синантропных птиц (рис. 2). У синантропных видов антитела появились позднее, но рост иммунитета птиц характеризовался большей напряженностью. Следует заметить, что до недавнего времени вирусы со всеми известными сочетаниями поверхностных белков выделяли только от диких птиц водного и околводного комплексов. В 2007 г. в регионе иммунная прослойка

среди воробьиных возросла, при этом заметно увеличилось участие в эпизоотическом процессе таких представителей семейства врановых, как *Corvus frugilegus*, *C. monedula* и *C. corone*. В 2008–2011 гг. ВГА субтипа Н5 и Н7 были найдены у нескольких видов мелких воробьиных, а в 2010 г. – и у курообразных (рябчик *Tetrastes bonasia* L.). Это также подтверждает тезис о том, что ВГА субтипов Н5 и Н7 находят новые экологические ниши.

В процессе выполнения работ на основе разработанной тест-системы и последующего лабораторного исследования проб нами уточнен перечень видов и групп птиц – основных переносчиков ВГА. В настоящее время он включает 53 вида, относящихся к 8 отрядам: поганкообразные, веслоногие, голенастые, гусеобразные, журавлеобразные, курообразные, ржанкообразные и воробьиные. Из доминантной группы можно выделить 12 видов, заслуживающих, на наш взгляд, особого внимания (табл. 1).

Завершая анализ выделения положительных проб, необходимо отметить, что в ряде мест, на-

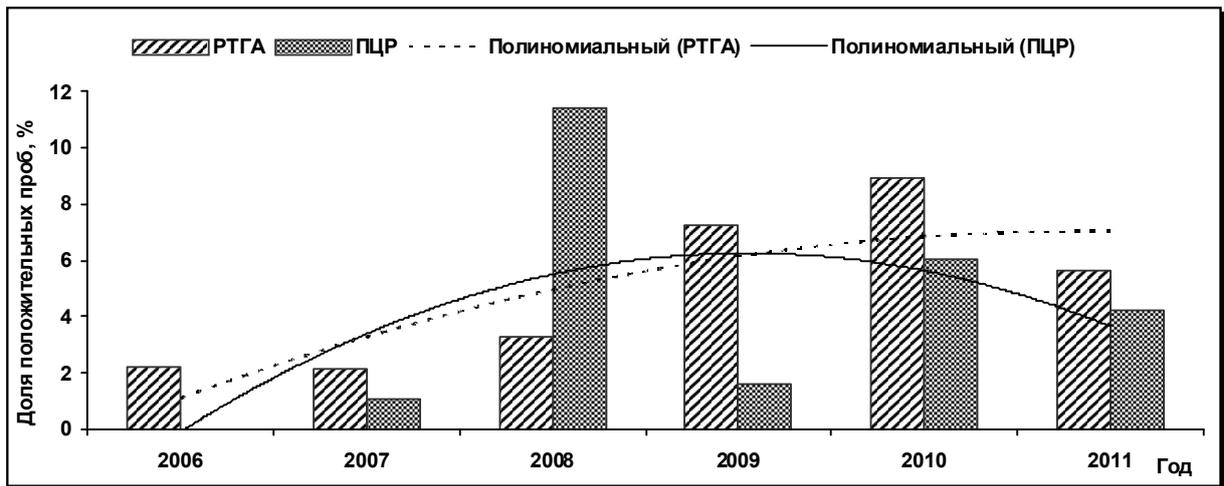


Рис. 1. Динамика доли положительных проб птиц от их общего числа за период 2006–2011 гг. на территории юга Центральной Сибири.

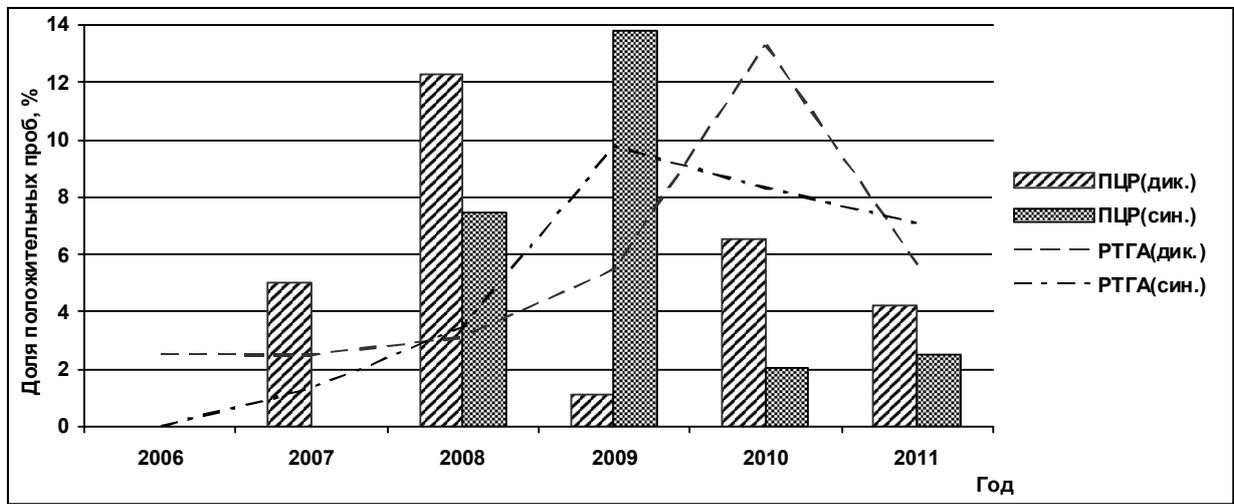


Рис. 2. Динамики доли положительных проб диких и синантропных видов птиц в 2006–2011 гг. на территории юга Центральной Сибири.

**Таблица 1**  
**Доминантная группа диких и синантропных птиц, участвующих в эпизоотическом процессе ВГА субтипов Н5 и Н7 на юге Центральной Сибири**

Вид	Положительных проб, +(абс.)						Доля, %	
	годы							всего
	2006	2007	2008	2009	2010	2011		
Грач – <i>Corvus frugilegus</i> L.	0	10	21*	6	33	2	72	16,1
Ворона черная – <i>Corvus corone</i> L.	0	3	16*	10	34	2	65	14,8
Лысуха – <i>Fulica atra</i> L.	16	7	3*	0	17	4	47	10,5
Широконоска – <i>Anas clypeata</i> L.	5	9	1*	7	9	3	34	7,6
Чирок-трескунок – <i>Anas querquedula</i> L.	14	10	1*	0	2	4	31	6,9
Кряква – <i>Anas platyrhynchos</i> L.	12	4*	1	0	9	3	29	6,5
Сизая чайка – <i>Larus canus</i> L.	3	0	16*	0	6	0	25	5,6
Чирок-свистун – <i>Anas crecca</i> L.	9	4*	4	0	5	4	26	5,8
Шилохвость – <i>Anas acuta</i> L.	0	3	2*	1	7	4	17	3,8
Рябчик – <i>Tetrastes bonasia</i> L.	0	0	0	0	12*	0	12	2,7
Красноголовая чернеть – <i>Aythya ferina</i> L.	3	1*	5	2	0	0	11	2,4
Хохлатая чернеть – <i>Aythya fuligula</i> L.	0	9*	0	0	1	0	10	2,2

**Примечание:** доля от общего числа положительных проб в РТГА; \* – год выделения РНК в ПЦР.

пример, на оз. Интиколь (Новоселовский район) пробы с положительными значениями титров выделялись на протяжении всего весенне-летне-осеннего периода в течение 6 лет. Инфицированными оказались как взрослые (ad), так и молодые (pull, subad) птицы, вылупившиеся и поднявшиеся на крыло на данном водоеме. Всего за период 2006 – 2011 гг. антитела к гемагглютинидам подтипа Н5, Н7 обнаружены в 484 пробах, из которых 179 – от синантропных птиц, что составило 36,9 % от общего числа положительных проб. При обследовании в полимеразно-цепной реакции РНК ВГА субтипов Н5 и Н7 на территории Красноярского края выделена 167 пробах, из которых 17 (10,2 %) – от синантропных видов.

Корреляционный анализ выявил высокую степень сопряженности ( $r_s = 0,8$  при  $p < 0,01$ ) выделения антител и РНК ВГА-субтипов Н5 и Н7 как по отдельным районам, так и по миграционным участкам.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Динамика выделения положительных проб, а также инфицирование и вирусоносительство, отмечаемое как у взрослых, так и молодых птиц (сеголетков), позволяет говорить о заражении и перезаражении птиц ВГА не только на зимовках, но и в период размножения на водоемах юга Центральной Сибири. Сеголетки активно вовлекаются в эпизоотический процесс в июле, когда передаваемые трансвариальным путем материнские антитела исчезают.

По результатам проведения ПЦР-диагностики установлено, что резкое увеличение числа выделяемых положительных проб, содержащих РНК ВГА субтипов Н5 и Н7, произошло в 2008 г. и достигало

11,4 % от их общего числа. В 2009 – 2011 гг. наблюдалось снижение вирусоносительства у диких водоплавающих птиц на фоне вовлечения в эпизоотический процесс синантропных птиц.

Выявление реагирующих среди синантропных птиц указывает на процесс адаптации ВГА субтипов Н5 и Н7 к новым видам, что, безусловно, может способствовать активной и широко распространенной циркуляции вирусов гриппа с различной антигенной формулой и возможностью вовлечения ВГА в эпидемический и эпизоотический процессы.

Антитела, выделенные из сывороток крови диких птиц на территории Красноярского края, и, особенно, в районах и урочищах с повторным выделением на протяжении всего периода работ, безусловно, не связаны с вакцинацией, на основании чего следует заключить, что вероятность возникновения эпизоотии на территории Красноярского края сохраняется высокой. Если учесть, что временной интервал между пиками выделения положительных проб в РТГА и ПЦР составил 3 года, то именно иммунологический мониторинг позволяет проводить комплекс профилактических мероприятий со значительным опережением, а не во время или начале массового падежа птиц.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Об утверждении правил по борьбе с гриппом птиц // Приказ Минсельхоза РФ № 90 от 27.03.2006 г. – <http://www.mcsc.ru/documents/document/show/17439.156.htm>.
2. Савченко А.П. Миграции наземных позвоночных Центральной Сибири и проблемы экологической безопасности : автореф. дис. ... докт. биол. наук / А.П. Савченко. – Улан-Удэ, 2009. – 49 с.

3. Самуйленко А.Я., Соловьева Б.В., Непоклонова Е.А. Инфекционная патология животных, в 2 т., т. 1. — М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. — С. 655—681.
4. Хлыстунов А.Г., Шматова Л.В. Правила отбора патматериала для исследования на грипп птиц. — Красноярск, 2006. — С. 1—3.
5. Щелканов М.Ю. Эволюция высоковирулентного вируса гриппа А (H5N1) в экосистемах Северной Евразии (2005—2009 гг.) : автореф. дис. ... докт. биол. наук / М.Ю. Щелканов. — М., 2010. — 53 с.
6. Avian flu: H5N1 virus outbreak in migratory waterfowl / H. Chen [et al.] // Nature. — 2005. — Vol. 293, N 7048. — P. 191—192.
7. Influenza A virus surveillance in wild birds in northern Europe in 1999 and 2000 / R.A. Fouchier [et al.] // Avian Dis. — 2003. — Vol. 47. — P. 60—857.
8. Persistence of avian influenza viruses in water / D.E. Stallknecht [et al.] // Avian Dis. — 1990. — Vol. 34. — P. 11—406.

**Сведения об авторах**

**Савченко Александр Петрович** — доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной экологии и ресурсосведения Института экономики, управления и природопользования ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» (660041, г. Красноярск, проспект Свободный, д. 81 «Г», кв. 60; сот. тел. 89131922566)

**Карпова Наталья Валерьевна** — кандидат биологических наук, доцент кафедры прикладной экологии и ресурсосведения Института экономики, управления и природопользования ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» (660041, г. Красноярск, проспект Свободный, 50 «А», кв. 8)

**Савченко Петр Александрович** — аспирант кафедры прикладной экологии и ресурсосведения Института экономики, управления и природопользования ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» (660041, г. Красноярск, проспект Свободный, 79, ИЭУиП СФУ)

**Андреев Сергей Олегович** — ассистент кафедры прикладной экологии и ресурсосведения Института экономики, управления и природопользования ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» (660041, г. Красноярск, проспект Свободный, 79, ИЭУиП СФУ)