

А.И. Бородулин¹, Б.М. Десятков¹, Н.А. Лаптева¹, И.Е. Аграновский²

Оценка возможности использования персонального пробоотборника для обнаружения жизнеспособных вирусов при его эксплуатации в условиях открытой атмосферы

¹ГНЦ ВБ «Вектор», пос. Кольцово Новосибирской обл., Россия

²Университет Гриффитса, г. Брисбен, Австралия

Поступила в редакцию 28.11.2006 г.

Оцениваются возможности использования пробоотборника для обнаружения жизнеспособных вирусов при отборе проб в условиях открытой атмосферы. Выведены формулы для пересчета числа обнаруженных живых вирусных частиц в пробе в значения счетной концентрации вирусосодержащих аэрозолей. Сделана оценка минимальной концентрации вирусосодержащих аэрозолей, достоверно измеряемой данным пробоотборником. На примере смоделированного гипотетического «геракта» с применением вирусного материала в городских условиях продемонстрирована возможность получения достоверных значений концентрации вирусосодержащих аэрозолей в реальных условиях эксплуатации пробоотборника.

В работах [1, 2] представлен персональный пробоотборник для обнаружения жизнеспособных вирусов в аэрозоле. Поступающий в пробоотборник воздух барботируется через пористую мембрану. В процессе пробоотбора в сорбирующей жидкости происходит накопление частиц, содержащих вирусы. Тестирование пробоотборника с использованием вирусов с различной устойчивостью в окружающей среде (грипп, корь, паротит, осповакцина и вирус атипичной пневмонии) показало, что при отборе довольно лабильного вируса гриппа происходит потеря его инфекционности до 80%, а для относительно устойчивого вируса осповакцины потери составляют порядка 10% [3]. Более высокое выживание биологического материала наблюдалась при испытаниях пробоотборника на бактериях [1, 2].

В данной статье произведена оценка возможностей использования данного пробоотборника при отборе проб вирусосодержащих аэрозолей в условиях открытой атмосферы. Для вирусов, изучавшихся в работе [3], была задана экспоненциальная кинетика их гибели в сорбирующей жидкости. На этом основании выведены формулы для пересчета числа обнаруженных живых вирусных частиц в пробе в значения счетной концентрации вирусосодержащих аэрозолей, витающих в воздушной среде.

Для оценки возможности использования персонального пробоотборника необходимо определить количество жизнеспособных вирусов n , накопленных в сорбирующей жидкости за время T отбора пробы. В течение времени от t до $t + \Delta t$ ($0 \leq t \leq T$) в пробоотборник попадет $\Delta n = \kappa Q C(t) \Delta t$ вирусных частиц, где κ — коэффициент, учитывающий эффективность аспирации и захвата вирусосодержащих частиц сор-

бирующей жидкостью ($0 \leq \kappa \leq 1$); Q — расход воздуха; $C(t)$ — счетная концентрация вирусосодержащих частиц в воздухе. В процессе отбора пробы из-за барботажки жидкости происходит уменьшение биологической активности вирусных частиц. Поэтому наряду с увеличением числа вирусных частиц, связанным с их попаданием в пробоотборник, в сорбирующей жидкости будет идти конкурирующий процесс их распада.

Линейная аппроксимация логарифма концентрации живых вирусов в сорбирующей жидкости $C_s(t)$ при различных временах барботирования фильтрованного воздуха t из [3] приводит к экспоненциальной зависимости биологической активности вирусов от времени:

$$n(t) = n(0) \exp(-t/\tau),$$

где τ — время уменьшения активности вируса в $e \approx 2,72$ раза. Коэффициент корреляции экспериментально полученных точек относительно прямой $\log_{10} C_s = a + bt$ для вирусов, изучавшихся в указанной выше работе, варьируется от $-0,88$ до $-0,99$, а время τ от $0,53$ до $1,45$ ч.

По окончании пробоотбора из-за распада частиц в пробоотборнике останется $\Delta n = \kappa Q C(t) \exp[-(T-t)] \Delta t$ жизнеспособных вирусных частиц, попавших в него за время от t до $t + \Delta t$. В результате суммарное число жизнеспособных вирусных частиц в пробе в момент времени T будет равно

$$n = \kappa Q \sum_{i=1}^N C(i \Delta t) \exp[-(N-i) \Delta t / \tau] \Delta t, \quad (1)$$

где $N = T/\Delta t$ – целое число. Из (1) следует формула для определения измеренной счетной концентрации вирусодержащих аэрозолей $C'_{mes} = n/(QT)$, выраженной через измеряемую концентрацию $C(t)$:

$$C'_{mes} = \int_0^T C(t) \frac{\kappa}{T} \exp[-(T-t)/\tau] dt. \quad (2)$$

В общем случае среда, где происходит распространение атмосферных примесей, является турбулентной. Поэтому C , а следовательно, и C'_{mes} являются случайными величинами. Применяя к (2) процедуру усреднения по статистическому ансамблю, получим

$$\langle C'_{mes} \rangle = \int_0^T \langle C(t) \rangle \frac{\kappa}{T} \exp[-(T-t)/\tau] dt,$$

где угловые скобки обозначают процедуру усреднения по статистическому ансамблю. Если отбор проб происходит в стационарных условиях распространения вирусодержащих аэрозолей в атмосфере, то $\langle C(t) \rangle = C_0 = \text{const}$ и

$$\langle C'_{mes} \rangle = \kappa \frac{\tau}{T} [1 - \exp(-T/\tau)] C_0. \quad (3)$$

Из (3) следует, что в общем случае математическое ожидание оценки (2) является смещенным, поскольку величины $\langle C'_{mes} \rangle$ и C_0 не совпадают. Несмещенную оценку C_{mes} можно получить, введя в (2) дополнительный множитель:

$$C_{mes} = \frac{T}{\kappa \tau [1 - \exp(-T/\tau)]} \int_0^T C(t) \frac{\kappa}{T} \exp[-(T-t)/\tau] dt. \quad (4)$$

Действительно, применение к (4) процедуры усреднения по статистическому ансамблю дает $\langle C_{mes} \rangle = C_0$.

Случайные стационарные процессы обладают свойством эргодичности. Поэтому для них процедура усреднения по статическому ансамблю эквивалентна процедуре усреднения по времени (см., например, [4]). По сути, выражение (4) представляет собой линейную оценку среднеинтегрального на интервале $(0, T)$ значения взвешенной реализации:

$$C_{mes} = \int_0^T C(t) h(t) dt, \quad (5)$$

где

$$h(t) = \frac{1}{\tau} \frac{\exp[-(T-t)/\tau]}{[1 - \exp(-T/\tau)]}$$

– детерминированная весовая функция, нормированная на единицу на интервале $(0, T)$.

Таким образом, если при обработке данных, полученных с помощью персонального пробоотборника [1, 2], принять экспоненциальную кинетику гибели вирусов в сорбирующей жидкости, то для получения несмещенной оценки счетной концентрации вирусодержащих аэрозолей C_{mes} необходимо значение $C'_{mes} = n/(QT)$ помножить на фактор $\mu(T/\tau)$:

$$C_{mes} = \mu(T/\tau) \frac{n}{QT}; \quad \mu(T/\tau) = \frac{T/\tau}{\kappa [1 - \exp(-T/\tau)]}. \quad (6)$$

Зависимость поправочного множителя μ от нормированного времени отбора пробы T/τ приведена на рис. 1, а. Видно, что чем больше время отбора пробы T , тем больше величина поправки μ .

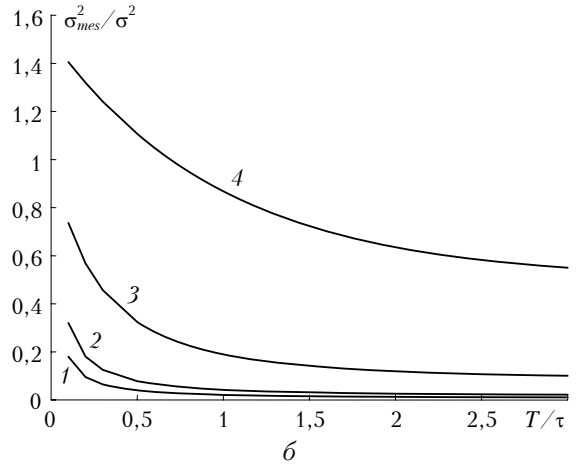
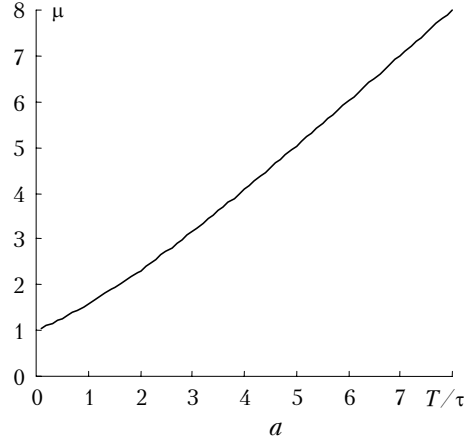


Рис. 1. Зависимость поправочного множителя μ от T/τ (а) и σ_{mes}^2/σ^2 от T/τ (б). Кривым 1–4 соответствуют значения $\tau/\tau^{(E)} = 100, 50, 10, 2$

Согласно [4] формула для дисперсии оценки концентрации (5) σ_{mes}^2 в стационарном случае имеет вид

$$\sigma_{mes}^2 = 2 \int_0^T B(\xi) \int_0^{T-\xi} h(t) h(t+\xi) dt d\xi, \quad (7)$$

где $B(\xi)$ – корреляционная функция пульсаций концентрации вирусодержащих аэрозолей. В [5] с использованием аппарата теории марковских процессов обоснован следующий вид стационарной корреляционной функции пульсаций концентрации атмосферных примесей:

$$B(\xi) = \sigma^2 \exp\left[-\frac{|\xi|}{\tau^{(E)}}\right], \quad (8)$$

где σ^2 – дисперсия концентрации атмосферных примесей; $\tau^{(E)}$ – эйлеров временной масштаб турбулентных

пульсаций скорости ветра. Подстановка (8) в (7) приводит к выражению

$$\sigma_{mes}^2 = \frac{2\sigma^2}{\tau^2 [1 - \exp(-T/\tau)]^2} \times \int_0^T \exp[-|\xi|/\tau^{(E)} + \xi/\tau] \int_0^{T-\xi} \exp[-2(T-t)/\tau] dt d\xi.$$

После выполнения интегрирования получается

$$\frac{\sigma_{mes}^2(T)}{\sigma^2} = \frac{1 - \exp[-(1 + \tau/\tau^{(E)}) (T/\tau)]}{[1 + \tau/\tau^{(E)}] [1 - \exp(-T/\tau)]^2} + \frac{\exp[-(2T)/\tau] \{1 - \exp[(1 - \tau/\tau^{(E)}) (T/\tau)]\}}{[1 - \tau/\tau^{(E)}] [1 - \exp(-T/\tau)]^2}. \quad (9)$$

В обозначении $\sigma_{mes}^2(T)$ аргумент в скобках подчеркивает, что отбор пробы производится на интервале времени продолжительностью T .

На рис. 1, б приведена зависимость σ_{mes}^2/σ^2 от T/τ . Как следует из приведенных кривых, величина σ_{mes}^2/σ^2 растет с уменьшением $\tau/\tau^{(E)}$ и стремится к нулю при $T/\tau \rightarrow +\infty$. Видно, что для обеспечения дисперсии измерений менее некоторого порогового значения их надо проводить за достаточно продолжительное время. Так, например, если при $\tau/\tau^{(E)} = 50$ задать $\sigma_{mes}^2/\sigma^2 < 0,05$, то $T/\tau > 0,9$. Значения временного масштаба $\tau^{(E)}$ в приземном слое атмосферы имеют порядок величины десятки—сотни секунд (см. [6]). Поэтому в рассматриваемом случае реальным условиям отбора проб наиболее соответствуют кривые 1 и 2 на рис. 1, б.

Выведенные формулы при некоторых ограничениях можно использовать и в случае работы пробоотборника в условиях нестационарных по времени полей концентрации вирусосодержащих аэрозолей. При временах отбора пробы T , много больших эйлерова временного масштаба $\tau^{(E)}$, условие эргодичности будет выполняться приближенно [4] и формула (5) останется без изменений. Выражение для дисперсии несмещенной оценки для нестационарного случая можно получить из соотношения (7), задав в нем «квазистационарный» вид корреляционной функции пульсаций концентрации [7]:

$$B(t, \xi) = \sigma^2(t) \exp\left[-\frac{|\xi|}{\tau^{(E)}}\right].$$

Квазистационарность проявляется в том, что наряду с достаточно медленно изменяющимся в среднем на интервале $(0, T)$ значением $C(t)$ на процесс изменения концентрации накладываются быстрые пульсации с частотами порядка $1/\tau^{(E)}$. В этом случае

$$\sigma_{mes}^2(T) = \frac{2}{\tau^2 [1 - \exp(-T/\tau)]^2} \times \int_0^T \exp[-|\xi|/\tau^{(E)} + \xi/\tau] \int_0^{T-\xi} \sigma^2(t) \exp[-2(T-t)/\tau] dt d\xi.$$

Режим работы персонального пробоотборника подразумевает его перемещение в пространстве по какому-либо маршруту в процессе отбора пробы. Разобьем период отбора пробы T на K непересекающихся интервалов времени. Пусть для k -го интервала ($k = \overline{1, K}$) время изменяется от T_k до $T_k + \Delta T_k$. Если значения концентрации аэрозолей на интервалах времени T_k попарно статистически не зависимы, то при условии $T = \sum_k \Delta T_k$ несмещенную оценку концентрации можно проводить по формуле (6). При этом данная оценка будет отражать среднеинтегральное значение концентрации на маршруте. Дисперсия такой несмещенной оценки σ_{mesK}^2 определяется как сумма дисперсий для каждого интервала времени T_k :

$$\sigma_{mesK}^2 = \sum_k \sigma_{mes}^2(T - T_k).$$

Оценим минимальную счетную концентрацию вирусных частиц, которую способен зарегистрировать рассматриваемый пробоотборник. Погрешности определения концентрации вирусов в пробах обычно оценивают 95%-м доверительным интервалом, в пределах которого находится разброс десятичного логарифма измерений счетной концентрации, выраженной в шт./мл [8]. В нашем случае 95%-й доверительный интервал составляет не более 1/2 десятичного логарифма или, в единицах концентрации вирусных частиц в жидкости, $10^{0,5} \approx 3$ шт./мл. Это значение соответствует концентрации вирусосодержащих аэрозолей в воздухе порядка $2,5 \cdot 10^4/T$, где T берется в минутах, а концентрация — в шт./м³. Значения счетной концентрации вирусов в пробе, равные либо меньше указанных выше погрешностей, нельзя считать достоверными. Выражение, оценивающее минимальное значение счетной концентрации вирусосодержащих аэрозолей C_{min} , которое способен зарегистрировать данный пробоотборник, следует из (6):

$$C_{min}(\text{шт./м}^3) \approx \frac{2,5 \cdot 10^4}{T(\text{мин})} \frac{T/\tau}{\kappa [1 - \exp(-T/\tau)]}. \quad (10)$$

Зависимость C_{min} от T/τ с точностью до постоянного множителя соответствует ходу кривой, приведенной на рис. 1.

Для определения полей математического ожидания счетной концентрации вирусосодержащих аэрозолей было использовано полуэмпирическое уравнение турбулентной диффузии [9]. Ось координат z была направлена вертикально вверх, а оси x и y — в горизонтальной плоскости на восток и север соответственно. Отметим, что вывод полуэмпирического уравнения также подразумевает выполнение условия, чтобы время распространения атмосферной примеси T было много больше эйлерова временного масштаба $\tau^{(E)}$. Таким образом, формулы для определения несмещенных оценок концентрации вирусосодержащих аэрозолей и использованный метод моделирования полей концентрации взаимно согласованы.

Для задания величин в полуэмпирическом уравнении компонент скорости ветра была использована

численно-аналитическая модель [10]. В этой модели наличие на площадке зданий, сооружений и других элементов рельефа учитывается заданием соответствующих параметров шероховатости подстилающей поверхности. Компоненты тензора коэффициентов турбулентной диффузии задавались в соответствии с экспериментальной обоснованной в натуральных условиях гипотезой об их пропорциональности соответствующим компонентам тензора вязких напряжений Рейнольдса [8], которые, в свою очередь, определялись

с использованием алгебраической модели для турбулентных потоков и напряжений, аналогичной [11]. Полуэмпирическое уравнение решалось конечно-разностными методами с использованием процедуры расщепления по физическим процессам и пространственным переменным (см., например, [12, 13]).

В расчетах был рассмотрен гипотетический эпизод, связанный с проведением массового митинга в сквере на центральной площади г. Новосибирска (рис. 2, а).



Рис. 2. План центра г. Новосибирска (база данных «All Russian Cities 2005 GWCY-03/05», IGNIT Company Ltd)

Митинг проводился с 15 до 16 ч местного времени при метеорологических условиях, типичных для середины июля. Территория, на которой находилось скопление людей, выделена на рис. 2, *a* пунктиром. В расчетах был задан юго-западный ветер со скоростью 2 м/с на высоте $z = 5$ м над подстилающей поверхностью на западной границе рассматриваемой области (точка «W» на рис. 2, *a*).

Согласно легенде во время проведения митинга «террористами» было произведено скрытое применение препарата с возбудителем особо опасной вирусной инфекции в аэрозольной форме, приведшее к заболеванию населения. Машина с источником аэрозолей (показано стрелкой) проезжала по центральной улице города, пересекающей площадь, со скоростью 18 км/ч. Протяженность линии распыла составила 250 м. Всего в атмосферу вдоль линии распыла на высоте 2 м от подстилающей поверхности было выброшено 250 г препарата с концентрацией вирусных частиц $5 \cdot 10^{10}$ шт./г. Начало распыла – 15 ч. Продолжительность распыла составляла 40 с, что много меньше продолжительности митинга. Поэтому член, описывающий источник, задавался как для «мгновенного» линейного источника, срабатывающего в 15 ч местного времени. Предполагалось, что в процессе витания вирус не теряет своей активности. Аэродинамический диаметр частиц был задан равным 5 мкм. Расчеты проводились на разностном шаблоне $51 \times 35 \times 50$ узлов с шагом 20 м по горизонтали и 1,5 м по вертикали соответственно.

На рис. 3 представлена зависимость счетной концентрации вирусосодержащих аэрозолей $\langle C \rangle$ от времени распространения, рассчитанная для высоты $z = 1,5$ м над подстилающей поверхностью для точек, помеченных на рис. 2, *a* цифрами 1 и 2. Видно, что аэрозольное облако пересекает выделенную пунктиром область за время менее 5 мин.

Параметры отбора проб были заданы следующими: $\kappa = 1$; $\tau = 3600$ с; высота отбора проб $z = 1,5$ м; пробоотборник, находящийся в некоторой фиксированной точке выделенной пунктиром области (рис. 2), включался на время $T = 10$ мин в момент начала распыла. При заданных условиях корректирующий множитель μ в (6) равен 1,09.

На рис. 2, *b* приведена схема расчетной области в том виде, в каком она была аппроксимирована на расчетном шаблоне. Светло-серым цветом выделены здания, а темно-серым цветом растительный покров – деревья, газоны и кустарники. На рис. 2, *b* приведены также изолинии математического ожидания концентрации вирусосодержащих аэрозолей, полученного применением к выражению (5) процедуры усреднения по статистическому ансамблю:

$$\langle C_{mes} \rangle = \frac{1}{\tau \left[1 - \exp\left(-\frac{T}{\tau}\right) \right]} \int_0^T \langle C(t) \rangle \exp\left(-\frac{T-t}{\tau}\right) dt.$$

Уровни изолиний 1–5, показанные на рис. 2, *b* сплошными линиями, соответствуют значениям измеренной счетной концентрации $\langle C_{mes}(T_1) \rangle = 2,5 \cdot 10^7$,

$5 \cdot 10^6$, $5 \cdot 10^5$, $5 \cdot 10^4$, $5 \cdot 10^3$ шт./м³. В рассматриваемом случае $C_{min} \approx 2,7 \cdot 10^4$ шт./м³. Четвертая изолиния целиком покрывает территорию митинга. Таким образом, в рассматриваемом случае все данные, полученные пробоотборниками внутри выделенной пунктиром области, можно будет считать достоверными.

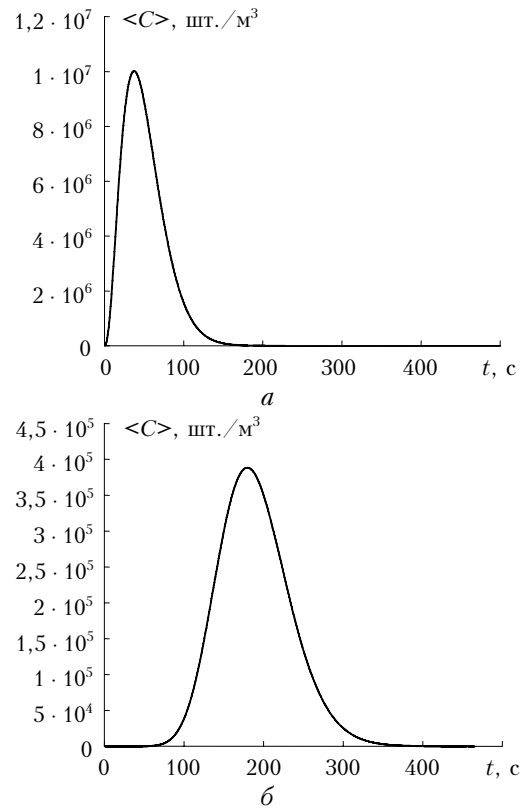


Рис. 3. Зависимость рассчитанных для точек 1 и 2 (см. рис. 2, *a*) значений математического ожидания счетной концентрации вирусосодержащих аэрозолей $\langle C \rangle$ от времени t , прошедшего с момента распыла препарата: *a* – для точки 1; *b* – для точки 2

Для оценки порядка величины σ_{mes}^2 воспользуемся формулой (9). Определим временной масштаб $\tau^{(E)}$ по эмпирической формуле $\tau^{(E)} \approx (45 \pm 8)z/U$, где z следует задавать в метрах, а U – модуль скорости ветра на высоте z – в м/с [8]. В рассматриваемом примере $\tau^{(E)} \approx 70$ с. Поэтому зависимости σ_{mes}^2/σ^2 от нормированного времени отбора пробы T/τ соответствует кривая 3 на рис. 2, *b*. Видно, что при заданных условиях отбора проб погрешности в оценке C_{mes} составляют $\sigma_{mes}^2/\sigma^2 \approx 0,7$, что является достаточно большой величиной.

Таким образом, если для персонального пробоотборника [1, 2] принять экспоненциальную кинетику гибели вирусных частиц в процессе отбора пробы, то для получения несмещенных оценок счетной концентрации вирусосодержащих аэрозолей в значения $C'_{mes} = n/(QT)$, помимо учета эффективности захвата частиц пробоотборником κ , следует вводить поправочный множитель μ [см. формулу (6)], физическая природа которого связана с экспоненциальной

кинетикой распада вирусных частиц в суспензии при барботировании воздуха через пористую мембрану.

Поправочный множитель зависит от времени T отбора пробы и характерного времени уменьшения активности вируса τ . Величина поправочного множителя возрастает с увеличением T/τ . После введения поправок получается среднеинтегральное значение счетной концентрации на интервале времени отбора пробы от t до $t+T$. Дисперсия несмещенной оценки концентрации вирусосодержащих аэрозолей C_{mes} определяется формулой (9). Дисперсия несмещенной оценки концентрации σ_{mes}^2 уменьшается с увеличением T и растет с уменьшением параметра $\tau/\tau^{(E)}$. Значения счетной концентрации вирусосодержащих аэрозолей, меньшие порогового значения, определяемого соотношением (10), нельзя считать достоверными.

Описанные выше подходы можно применить для любой другой кинетики гибели вирусов в пробоотборнике. В этом случае очевидно, что вид формул (6), (9) и (10) изменится.

Проведенные модельные расчеты показывают, что применение данного персонального пробоотборника в условиях открытой атмосферы способно обеспечить обнаружение вирусосодержащих аэрозолей и позволяет сделать достоверные оценки их счетной концентрации, усредненные на интервале отбора проб.

1. *Agranovski I., Agranovski V., Grinshpun S., Reponen T., Willeke K.* Development and Evaluation of a New Personal Sampler for Viable Airborne Microorganisms // *Atmos. Environ.* 2002. V. 36. N 5. P. 889–898.
2. *Agranovski I., Agranovski V., Reponen T., Willeke K., Grinshpun S.* Collection of Airborne Microorganisms into

Liquid by Bubbling Through Porous Medium // *Aerosol Sci. and Technol.* 2002. V. 36. N 2. P. 502–509.

3. *Аграновский И.Е., Сергеев А.Н., Пьянков О.Е., Петрищенко В.А., Агафонов А.П., Игнатьев Г.М., Бородулин А.И., Сафатов А.С.* Тестирование нового персонального пробоотборника для обнаружения жизнеспособных вирусов в аэрозоле // *Оптика атмосфер. и океана.* 2004. Т. 17. № 5–6. С. 483–487.
4. *Тихонов В.И.* Статистическая радиотехника. М.: Радио и связь, 1982. 624 с.
5. *Бородулин А.И., Десятков Б.М., Марченко В.В.* Корреляционная функция пульсаций концентрации атмосферной примеси // *Оптика атмосфер. и океана.* 1999. Т. 12. № 8. С. 748–750.
6. *Бородулин А.И., Майстренко Г.А., Чалдин Б.М.* Статистическое описание процесса турбулентной диффузии аэрозолей в атмосфере. Метод и приложения. Новосибирск: Изд-во Новосиб. ун-та, 1992. 124 с.
7. *Бызова Н.Л.* Рассеяние примеси в пограничном слое атмосферы. М.: Гидрометеоздат, 1974. 188 с.
8. *Ашмарин И.П., Воробьев А.А.* Статистические методы в микробиологических исследованиях. Л.: Медгиз, 1962. 368 с.
9. *Монин А.С., Яглом А.М.* Статистическая гидромеханика. Механика турбулентности. М.: Наука, 1965. Ч. 1. 640 с.
10. *Десятков Б.М., Сарманав С.Р., Бородулин А.И.* Численно-аналитическая модель переноса аэрозолей в термически стратифицированном пограничном слое атмосферы // *Оптика атмосфер. и океана.* 1996. Т. 9. № 6. С. 815–820.
11. *Теверовский Е.Н., Дмитриев Е.С.* Перенос аэрозольных частиц турбулентными потоками. М.: Энергоатомиздат, 1988. 160 с.
12. *Марчук Г.И.* Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. М.: Наука, 1982. 320 с.
13. *Пененко В.В., Алоян А.Е.* Модели и методы для задач охраны окружающей среды. Новосибирск: Наука, 1985. 256 с.

A.I. Borodulin, B.M. Desyatkov, N.A. Lapteva, I.E. Agranovskii. Evaluation of the possibility of employment of personal aerosol sampler for detection of viable viruses in the conditions of open air.

Evaluation of the possibility of employment of personal aerosol sampler for detection of viable viruses when samples are taken in the conditions of open air has been performed in the work. An exponential kinetics of loss of viruses in sorbitizing liquid was chosen for viruses of influenza, measles, parotitis, variolovaccine and atypical pneumonia (SARS), which were used in the study of the given sampler performed before. On the basis of this assumption the equations for recalculation of the number of viable virus particles found in a sample to the values of count concentration of airborne virus-containing particles have been derived. The minimal concentration of virus-containing aerosol particles, which can be reliably measured by the given sampler, is estimated. The possibility of obtaining the reliable values of concentration of virus-containing aerosols in the real conditions of sampler operation has been demonstrated using a simulated hypothetical terroristic act with the use of a virus material in urban conditions as an example.