

УДК 614.777 : 615.9

## ЭКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ ВОДОЕМОВ ПОЛИВИНИЛНИТРАТОМ

А.А. Масленников,  
С.А. Демидова, А.В. Рябова

Федеральное государственное  
унитарное предприятие «Научно-  
исследовательский институт гигиены,  
токсикологии и профпатологии»  
Федерального медико-биологического  
агентства (ФГУП «НИИ ГТП» ФМБА  
России), 400048, г. Волгоград,  
Российская Федерация

Проведена экспериментальная оценка воды, содержащей поливинилнитрат, по органолептическому, общесанитарному и токсикологическому признакам вредности. Установлено, что соединение не изменяло органолептических свойств воды, но оказывало негативное влияние на жизнеспособность сапрофитной микрофлоры, процессы нитрификации, а также биохимическое потребление кислорода. Кроме того, в опытах на лабораторных животных вещество проявляло острую, подострую и хроническую токсичность. По указанным признакам вредности определены пороговые уровни воздействия. Полученные данные учтены при обосновании ПДК поливинилнитрата в воде водоёмов.

**Ключевые слова:** вода, поливинилнитрат, санитарный режим водоёмов, общетоксическое действие, пороговый уровень.

**Введение.** В последний период времени появления новых видов оружия не только не снижало значения порохов, но даже, наоборот, расширило область их применения. Наряду с оборонной они используются в горнодобывающей промышленности, строительстве и охотничьем оружии. При этом внедряются новые технологии их производства [1, 2].

Кроме того, весьма актуальной остается проблема утилизации огромных количеств пороховых композиций с истекшими сроками хранения. Вторичное их использование имеет важное народнохозяйственное значение [3].

В комплексе вредных факторов производства порохов, воздействующих на состояние здоровья человека и среду его обитания, одним из ведущих является химический. Особенности технологии изготовления, а также физико-химических характеристик веществ, участвующих в технологическом цикле в качестве исходных компонентов, не исключают их поступление в производственную зону, окружающую среду, что обуславливает необходимость особого внимания к организации санитарного надзора при обеспечении безопасности функционирования данных производств для персонала, населения и окружающей среды [4].

Вышеизложенное, предопределило цель исследований – экспериментальную оценку опасности содержания компонента порохов – поливинилнитрата в воде водоёмов.

**Материалы и методы исследования.** В качестве объекта настоящих исследований использован стандартный образец поливинилнитрата (азотнокислый эфир поливинилового спирта, ПВН,  $[C_2H_3O_3N]_n$ ). Термопластичный полимер с содержанием азота 15,0 – 15,45 %, характеристической вязкостью 1,5 – 2,5 дм<sup>3</sup>/кг, плотностью 1,52 – 1,6 г/см<sup>3</sup>, температурой начала разложения 163,0 – 172,0° С; температурой вспышки 191,0 – 194,0° С. Нерастворим в одно- и многоатомных спиртах, воде, этиловом эфире и галоидалкилах. Регистрационный номер CAS 26355-31-7 [5]. Используется в качестве одного из исходных компонентов в производстве пороха.

Исследования влияния соединения на органолептические свойства и общесанитарный режим воды выполняли в соответствии с требованиями действующих методических указаний [6] и положениями соответствующих монографий и ГОСТ [6 – 11]. При этом анализ качества воды проводили по следующим показателям: прозрачность, цветность, запах и наличие пены (пенообразование) [6, 8 – 11].

**Масленников Александр Александрович (Maslennikov Aleksandr Aleksandrovich)**, доктор биологических наук, заведующий лабораторией экологической токсикологии ФГУП «НИИ ГТП» ФМБА России, г. Волгоград, maslennikov@ihtop.ru

**Демидова Светлана Александровна (Demidova Svetlana Aleksandrovna)**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории экологической токсикологии ФГУП «НИИ ГТП» ФМБА России, г. Волгоград, demidova@ihtop.ru

**Рябова Анастасия Викторовна (Ryabova Anastasia Viktorovna)**, младший научный сотрудник лаборатории экологической токсикологии ФГУП «НИИ ГТП» ФМБА России, г. Волгоград, atikay@yandex.ru

Воздействие токсиканта на общесанитарные характеристики воды оценивали по состоянию основных процессов её самоочищения: биохимическое потребление кислорода – БПК<sub>5</sub> [6, 7 – 9]; развитие и отмирание сапрофитной микрофлоры [6, 7, 12]; динамика процессов нитрификации азотсодержащих органических веществ [8, 9]. Достоверными принимали отклонения показателей в опыте, выходящие за пределы отличий соответствующих контрольных значений: 15,0 % – угнетение; 20,0 % – стимуляция [6].

Исследования острой, субхронической и хронической токсичности соединения проводили на лабораторных животных, в соответствии с требованиями действующих методических указаний [6]. В качестве биомодели использованы 184 белые беспородные крысы (самцы) с исходной массой тела 200,0 – 250,0 г (по 8 особей в каждой группе). Опыты выполнены с учетом принципов гуманного обращения с экспериментальными грызунами [13]. Необходимые количества соединения, содержащегося в 2,5 % растворе водного крахмала, вводили перорально подопытным особям при помощи зонда из расчёта 1,0 мл на 100,0 г массы тела. Животные контрольных групп получали адекватные объёмы водного крахмала.

Обследование животных проводили с применением комплекса физиологических, поведенческих, гематологических, биохимических, патоморфологических и иммунологических методов.

Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли с применением кри-

терия t Стьюдента-Фишера [14], используя пакет Primer of Biostatistics 4.03.

**Результаты и обсуждение.** В процессе проведения исследований установлено, что вещество в концентрациях 20,0, 5,0 и 1,0 мг/л не изменяло прозрачность воды и не способствовало появлению запаха, цветности и пены. На этом основании сделан вывод о том, что поливинилнитрат не изменяет органолептических свойств воды.

Однако в ходе оценки общего санитарного режима данной экосистемы определено, что ПВН внесенный в «искусственный» водоём в концентрациях 16,0 и 8,0 мг/л ингибировал процесс биохимического потребления кислорода в течение всего эксперимента (табл. 1). В тоже время снижение содержания вещества в данной среде до 4,0 мг/л не вызывало замедления биохимических процессов.

Исходя из изложенного, следует, что пороговый и максимально не действующий уровни поливинилнитрата по данному критерию составили 8,0 и 4,0 мг/л соответственно.

Оценку жизнеспособности сапрофитной микрофлоры проводили при внесении вещества в водоёмы в концентрациях: 25,0 мг/л, 10,0 мг/л и 4,0 мг/л. Установлено, что токсикант в концентрациях 25,0 мг/л (на 0-е, 1-е и 2-е сутки) и 10,0 мг/л (на 0-е сутки) угнетал рост и развитие колоний от 16,75 % до 59,18 % (табл. 2). При продолжении опыта отмечен противоположный (стимуляция), но также достоверный эффект воздействия химагента на данные микроорганизмы только на максимальном уровне с 5-х по 14-е сутки от 20,68 % до 41,17 % (табл. 2).

Таблица 1

### Воздействие поливинилнитрата на процессы БПК<sub>5</sub> в воде

| Период проведения исследований, сутки | Показатели               | Концентрации ПВН, мг/л |        |        |       |
|---------------------------------------|--------------------------|------------------------|--------|--------|-------|
|                                       |                          | Контроль               | 16,0   | 8,0    | 4,0   |
| 1                                     | БПК, мгО <sub>2</sub> /л | 3,75                   | 1,77   | 2,75   | 3,27  |
|                                       | отличие от контроля, %   | -                      | 52,80* | 26,67* | 12,80 |
| 3                                     | БПК, мгО <sub>2</sub> /л | 5,95                   | 4,72   | 5,05   | 5,49  |
|                                       | отличие от контроля, %   | -                      | 20,67* | 15,13* | 7,73  |
| 5                                     | БПК, мгО <sub>2</sub> /л | 6,96                   | 5,85   | 6,22   | 6,41  |
|                                       | отличие от контроля, %   | -                      | 15,95* | 10,63  | 7,90  |

Примечание: символом (\*) отмечены достоверные отличия, выходящие за пределы соответствующих критериальных значений

**Численность сапрофитной микрофлоры воды, загрязненной поливинилнитратом  
(количество колоний / 1 мл)**

| Период посева, сутки | Концентрация ПВН в воде, мг/л |                 |                |          |
|----------------------|-------------------------------|-----------------|----------------|----------|
|                      | 25,0                          | 10,0            | 4,0            | контроль |
| ч/з 1 час (0-е)      | 5556,0 (59,18*)               | 8000,0 (41,22*) | 12556,0 (7,75) | 13611,0  |
| ч/з 3 часа (0-е)     | 7010,0 (34,49*)               | 8908,0 (16,75*) | 9970,0 (6,82)  | 10700,0  |
| 1-е                  | 1531,0 (32,47*)               | 2287,0 (0,88)   | 2217,0 (2,21)  | 2267,0   |
| 2-е                  | 5110,0 (34,34*)               | 7070,0 (9,15)   | 7400,0 (4,91)  | 7782,0   |
| 5-е                  | 8000,0 (41,17*)               | 5817,0 (2,65)   | 5260,0 (7,18)  | 5667,0   |
| 8-е                  | 4900,0 (24,37*)               | 3767,0 (4,39)   | 3700,0 (6,09)  | 3940,0   |
| 10-е                 | 3900,0 (25,81*)               | 3500,0 (12,90)  | 3300,0 (6,45)  | 3100,0   |
| 14-е                 | 2498,0 (20,68*)               | 2300,0 (11,11)  | 2000,0 (3,38)  | 2070,0   |

Примечание: в скобках указаны отклонение величины от контроля (в %); символом (\*) отмечены достоверные отличия, выходящие за пределы соответствующих критериальных значений

Снижение содержания ПВН в воде до 4,0 мг/л не приводило к подавлению или увеличению роста клеток бактерий.

На основании представленных данных концентрация поливинилнитрата 10,0 мг/л признана пороговой, а уровень вещества 4,0 мг/л – максимально недействующим по влиянию на сапрофитную микрофлору воды водоёмов.

Характеристику действия поливинилнитрата на нитрифицирующие процессы в воде проводили по комплексу основных показателей: азот аммонийный, азот нитритов, азот нитратов [6 – 9].

Соединение вносили в воду водоёмов в концентрациях: 25,0, 10,0 и 4,0 мг/л.

Тестирование проб воды из «искусственных» водоёмов выполнено в следующие сроки: в день загрязнения (0-е сутки) через 1 ч после внесения вещества в воду; на 1, 3, 7, 10, 14, 17, 21, 23, 26, 27, 28, 29, 30 и 33-е сутки.

Установлено, что токсикант в двух максимальных уровнях в течение всего эксперимента оказывал негативное достоверное разнонаправленное воздействие на начальную (аммонификацию), промежуточную (окислительную – образование нитритов) и заключительную (реакции восстановления нитритов до нитратов) стадии процесса нитрификации в воде водоёмов (табл. 3).

Отмеченные изменения свидетельствуют о нарушении хода самоочищения водной экосистемы, т. е. разбалансировке соотношения между содержанием различных соединений азота, необходимых для нормального функцио-

нирования жизнедеятельности фауны и флоры в водоёмах.

Однако при снижении содержания химаген-та в воде до уровня 4,0 мг/л значимых изменений относительно контроля не отмечено (табл. 3).

Основываясь на полученных данных, концентрация поливинилнитрата – 10,0 мг/л признана пороговой по влиянию на процессы нитрификации данной экосистемы, а 4,0 мг/л – максимально недействующей.

В ходе установления порога острого общетоксического действия поливинилнитрата определено, что его пероральное поступление в максимально достижимой дозе – 450,0 мг/кг, а также 150,0 мг/кг не вызывало видимых клинических признаков отравления у крыс.

Однако оценка основных физиологических показателей, позволила установить достоверное снижение частоты дыхательных движений (ЧДД) у животных, получавших вещество в большем уровне. Кроме того, при характеристике гематологических показателей у особей данной группы отмечено значимое проявление лимфо- и лейкоцитоза (табл. 4). Исходя из этого, доза ПВН 450,0 мг/кг признана близкой к пороговой, а уровень соединения 150,0 мг/кг – максимально недействующим.

Учитывая полученные данные, в подостром эксперименте вещество испытывали в следующих дозах: 150,0, 50,0 и 16,6 мг/кг.

Результаты выполненных исследований свидетельствуют о том, что ксенобиотик в условиях 28 суточного поступления во всех уровнях

Таблица 3

## Характеристика процессов нитрификации в воде, содержащей поливинилнитрат

| Показатели и единицы измерения                           | Сроки наблюдения, сутки                   | Концентрация ПВН в воде, мг/л |                |              |          |
|--|---|-------------------------------|----------------|--------------|----------|
|  |   | 25,0                          | 10,0           | 4,0          | контроль |
| Азот аммонийный (по NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ), мг/л | 0-е (ч/з 1 час после внесения ПВН в воду) | 0,72 (33,33*)                 | 0,64 (18,52)   | 0,59 (9,26)  | 0,54     |
|  | 1-е                                       | 0,65 (32,65*)                 | 0,63 (28,57*)  | 0,53 (8,16)  | 0,49     |
|  | 23-и                                      | 0,56 (16,67)                  | 0,61 (27,08*)  | 0,56 (16,67) | 0,48     |
|  | 27-е                                      | 0,58 (41,46*)                 | 0,61 (48,78*)  | 0,45 (9,76)  | 0,41     |
|  | 30-е                                      | 0,25 (117,78*)                | 0,19 (111,11*) | 0,10 (11,11) | 0,09     |
|  | 33-и                                      | 0,14 (133,33*)                | 0,09 (50,00*)  | 0,07 (16,67) | 0,06     |
| Азот нитритов (по NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ), мг/л   | 10-е                                      | 0,80 (25,93*)                 | 0,65 (39,82*)  | 1,00 (7,41)  | 1,08     |
|  | 14-е                                      | 1,15 (30,30*)                 | 1,08 (34,55*)  | 1,55 (6,06)  | 1,65     |
|  | 17-е                                      | 1,25 (46,81*)                 | 1,15 (51,06*)  | 2,50 (6,38)  | 2,35     |
|  | 21-е                                      | 1,65 (69,72*)                 | 1,50 (72,48*)  | 4,99 (8,44)  | 5,45     |
|  | 23-е                                      | 1,85 (80,73*)                 | 1,30 (86,46*)  | 8,95 (6,77)  | 9,60     |
|  | 27-е                                      | 2,85 (85,93*)                 | 1,80 (91,11*)  | 20,85 (2,96) | 20,25    |
|  | 30-е                                      | 3,85 (49,01*)                 | 4,05 (46,36*)  | 7,00 (7,28)  | 7,55     |
|  | 33-и                                      | 7,14 (28,60*)                 | 7,73 (22,70*)  | 10,29 (2,90) | 10,00    |
| Азот нитратов (по NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), мг/л   | 0-е (ч/з 1 час после внесения ПВН в воду) | 0,75 (41,51*)                 | 0,65 (22,64*)  | 0,55 (3,77)  | 0,53     |
|  | 1-е                                       | 0,70 (52,17*)                 | 0,63 (36,96*)  | 0,53 (15,22) | 0,46     |
|  | 3-и                                       | 1,00 (42,86*)                 | 0,96 (37,14*)  | 0,77 (10,00) | 0,70     |
|  | 7-е                                       | 1,15 (23,66*)                 | 1,15 (23,66*)  | 1,00 (7,53)  | 0,93     |
|  | 10-е                                      | 0,86 (17,31*)                 | 1,17 (12,50)   | 1,10 (5,77)  | 1,04     |
|  | 14-е                                      | 1,00 (51,52*)                 | 0,96 (45,45*)  | 0,75 (13,64) | 0,66     |
|  | 17-е                                      | 1,16 (31,36*)                 | 1,26 (25,44*)  | 1,49 (11,83) | 1,69     |
|  | 21-е                                      | 0,96 (15,66*)                 | 0,96 (15,66*)  | 0,74 (10,84) | 0,83     |
|  | 27-е                                      | 1,20 (21,21*)                 | 1,06 (7,07)    | 0,96 (3,03)  | 0,99     |
|  | 30-е                                      | 1,17 (23,53*)                 | 1,33 (13,07)   | 1,34 (12,42) | 1,53     |

Примечание: в скобках указаны отклонение величины от контроля (в %); символом (\*) отмечены достоверные отличия, выходящие за пределы соответствующих критериальных значений

**Достоверные изменения выявленные после однократного воздействия соединения**

| Показатели<br>и единицы измерений | Уровень поступления вещества, мг/кг |            |            |
|-----------------------------------|-------------------------------------|------------|------------|
|                                   | 450,0                               | 150,0      | контроль   |
| Физиологические показатели        |                                     |            |            |
| ЧДД в минуту                      | 59,00±1,96*                         | 87,00±5,63 | 82,00±5,58 |
| Гематологические показатели       |                                     |            |            |
| Лейкоциты, ·10 <sup>9</sup> /л    | 10,90±0,59*                         | 6,77±0,75  | 8,61±0,64  |
| Лимфоциты, ·10 <sup>9</sup> /л    | 8,69±0,45*                          | 4,39±0,60  | 6,18±0,59  |

Примечание: \* – статистически значимые различия при  $P \leq 0,05$

оказывал на подопытных особей негативное воздействие, проявлявшееся как по широте, так и глубине эффекта (табл. 5).

В частности, у животных, получавших химагент в большей дозе, по окончании 14 суток эксперимента, зафиксировано снижение норкового рефлекса, а также отдельные изменения процессов метаболизма, отмечавшиеся в конце периода воздействия. Кроме того, в оба срока тестирования установлено негативное влияние соединения во всех уровнях на иммунный статус крыс.

Количество отклонений практически в равной степени зарегистрировано у особей опытных групп как на 14, так и на 28 сутки опыта, что свидетельствует об отсутствии у соединения способности проявлять кумулятивные свойства.

Учитывая, минимальный характер изменений у животных, получавших ксенобиотик в дозе 16,6 мг/кг, данный уровень признан в качестве пороговой дозы подострого эксперимента (ПДпэк).

При постановке хронического опыта общетоксические свойства соединения оценивали в дозах 5,5, 1,8 и 0,6 мг/кг.

Обследование животных позволило установить достоверные сдвиги ряда показателей, отмечавшиеся на протяжении всего опыта. В частности, у самцов, подвергавшихся в течение 1 месяца воздействию соединения на уровнях 1,8 и 0,6 мг/кг, обнаружено увеличение порога реакции на тепловое воздействие, а по окончании 2 месяцев эксперимента у крыс, получавших химагент в большем уровне, установлено снижение массы тела и увеличение относительной массы головного мозга (табл. 6).

При оценке поведенческих реакций по истечении 3 месяцев исследований у особей первой опытной группы зарегистрировано, увеличение вертикальной активности.

Анализ белой и красной крови подопытных крыс выявил по завершении 2, 4 и 6 месяцев эксперимента ряд изменений, в частности: тромбоцитопению, увеличение количества эритроцитов, уровня гемоглобина и гематокрита.

Так же на протяжении опыта у животных, которым вводили вещество в двух больших уровнях зафиксировано изменение отдельных биохимических и иммунологических показателей (табл. 6).

Исходя из полученных результатов исследований, следует, что ксенобиотик во всех дозах оказывал токсическое воздействие на организм подопытных особей. При этом количество установленных нарушений указывало на наличие определенной дозо-эффективной зависимости (табл. 6).

Принимая во внимание минимальное количество сдвигов у крыс, получавших химагент на уровне 0,6 мг/кг, данная доза признана в качестве порога хронического общетоксического действия ( $Lim_{ch}^{integ}$ ).

Обобщение и анализ представленных данных свидетельствует о том, что исследуемый компонент порохов, не изменяя органолептических характеристик, оказывает негативное влияние на общесанитарный режим водоёмов. Кроме того, соединение проявляет токсические свойства как при однократном, так и длительном пероральном поступлении в организм лабораторных животных.

Выявленные особенности поведения поливинилнитрата учтены при обосновании его ПДК в воде водоёмов.

Таблица 5

## Оценка достоверных сдвигов, установленных в ходе субхронического эксперимента

| Показатели и единицы измерений   | Сроки обследования и дозы вещества, мг/кг |             |            |                             |            |             |             |                          |
|--|---|-------------|------------|-----------------------------|------------|-------------|-------------|--------------------------|
|  | 14 сутки                                  |             |            |                             | 28 сутки   |             |             |                          |
|  | 150,0                                     | 50,0        | 16,6       | контроль                    | 150,0      | 50,0        | 16,6        | контроль                 |
| Поведенческие реакции в условиях открытого поля                            |   |             |            |                             |            |             |             |                          |
| Норковый рефлекс, усл. ед.   | 2,00±0,63*                                | 3,75±1,45   | 3,75±1,32  | 6,38±1,30                   | 6,38±1,05  | 5,14±1,42   | 3,75±0,94   | 4,14±1,47                |
| Биохимические характеристики   |   |             |            |                             |            |             |             |                          |
| Аланинаминотрансфераза, Е/л  | 102,2±8,2                                 | 96,9±8,7    | 89,9±7,7   | 108,1±6,7                   | 99,0±12,0* | 148,3±15,0  | 136,5±10,7  | 148,1±12,0               |
| Билирубин мкмоль/л   | 8,40±0,71                                 | 7,43±1,10   | 9,84±0,61  | 8,45±0,64                   | 8,18±0,16* | 8,62±0,15   | 8,41±0,33   | 9,25±0,40                |
| Иммунологический статус  |   |             |            |                             |            |             |             |                          |
| Интенсивность индуцированной фагоцитарной активности нейтрофилов, усл. ед. | 275,8±27,4                                | 247,1±6,6*  | 276,7±17,1 | 304,8±16,1                  | 256,2±29,9 | 231,6±19,3  | 294,0±31,3  | 291,1±39,2               |
| Розеткообразование Т-лимфоцитов, %   | 50,67±2,16**                              | 50,67±1,5** | 47,67±2,42 | 43,83±0,98<br>(39,03±48,63) | 61,75±2,73 | 61,00±0,93  | 58,38±2,17  | 63,00±1,49               |
| Концентрация иммуноглобулинов в сыворотке крови, усл. ед.                  | 11,01±1,11                                | 12,83±0,87  | 8,96±0,93* | 12,88±0,77                  | 6,56±0,77  | 7,94±1,44   | 6,86±0,75   | 8,04±0,44                |
| Концентрация лизоцима в сыворотке крови, мкг/мл                            | 6,56±0,77                                 | 7,94±1,44   | 6,86±0,75  | 8,51±1,13                   | 4,59±1,28* | 5,39±0,79** | 6,86±0,18** | 2,19±0,69<br>(0,00±5,23) |
| Количество достоверных изменений при P≤0,05                                | 2   | 2           | 1          | -                           | 3          | 1           | 1           | -                        |
| Количество изменений, выходящих за пределы (M±2) контроля                  | 1   | 1           | 0          | -                           | 0          | 1           | 1           | -                        |

Примечание: \* – статистически значимые различия при P ≤ 0,05; \*\* – достоверные отклонения, выходящие за пределы диапазона физиологических колебаний (M±2σ) контрольной группы животных

**Достоверные изменения, обнаруженные в процессе хронического эксперимента**

| Показатели и единицы измерений   | Срок выявления изменений | Дозы вещества, мг/кг |             |             |             |
|--|--------------------------|----------------------|-------------|-------------|-------------|
|  |                          | 5,5                  | 1,8         | 0,6         | контроль    |
| Физиологические тесты  |                          |                      |             |             |             |
| Масса тела, г  | 2 месяц                  | 343,8±9,6*           | 358,1±9,2   | 356,2±6,3   | 372,5±6,4   |
| Порог реакции на тепловое воздействие, °С                                  | 1 месяц                  | 48,49±1,04           | 49,20±0,24* | 49,15±0,32* | 48,39±0,15  |
| Поведенческие реакции  |                          |                      |             |             |             |
| Вертикальная активность, усл. ед.  | 3 месяц                  | 9,00±1,02*           | 7,38±1,51   | 7,50±1,04   | 5,00±1,12   |
| Гематологические данные  |                          |                      |             |             |             |
| Эритроциты, ·10 <sup>12</sup> /л   | 2 месяц                  | 7,13±0,12            | 7,53±0,17*  | 7,51±0,11*  | 6,94±0,14   |
|  | 4 месяц                  | 6,96±0,17            | 7,35±0,15*  | 7,10±0,17   | 6,77±0,20   |
| Гемоглобин, г/л  | 2 месяц                  | 147,2±1,7            | 151,0±1,9*  | 148,9±1,8*  | 142,2±2,3   |
|  | 4 месяц                  | 143,8±2,3            | 151,3±1,7*  | 150,8±1,9*  | 138,8±2,9   |
| Гематокрит, %  | 2 месяц                  | 42,84±0,39*          | 43,56±0,78* | 42,83±0,72  | 40,28±1,08  |
|  | 4 месяц                  | 42,25±0,76*          | 44,76±0,68* | 43,18±0,56* | 39,36±1,07  |
| Тромбоциты, ·10 <sup>9</sup> /л  | 6 месяц                  | 480,5±45,4*          | 558,8±29,4  | 596,1±37,3  | 667,5±59,5  |
| Биохимические характеристики   |                          |                      |             |             |             |
| Пировиноградная кислота, мкмоль/л  | 2 месяц                  | 37,77±0,83           | 40,24±0,76* | 38,31±1,12  | 37,41±0,83  |
| Глюкоза, ммоль/л   | 4 месяц                  | 4,330±0,114*         | 4,735±0,083 | 4,877±0,152 | 4,756±0,094 |
| Альбумин, г/л  | 2 месяц                  | 36,51±0,36*          | 37,79±0,45  | 36,85±0,63  | 37,83±0,27  |
| Относительная масса внутренних органов крыс                                |                          |                      |             |             |             |
| Головной мозг, г/кг  | 2 месяц                  | 5,69±0,10*           | 5,28±0,11   | 5,48±0,12   | 5,23±0,09   |
| Иммунологический статус  |                          |                      |             |             |             |
| Интенсивность спонтанной фагоцитарной активности нейтрофилов, усл. ед.     | 6 месяц                  | 91,10±3,87*          | 103,75±4,07 | 107,59±4,92 | 104,81±5,00 |
| Интенсивность индуцированной фагоцитарной активности нейтрофилов, усл. ед. | 6 месяц                  | 588,7±38,1*          | 700,8±36,9* | 905,4±42,6  | 952,9±66,0  |
| Концентрация иммуноглобулинов в сыворотке крови, усл. ед.                  | 2 месяц                  | 4,28±0,23*           | 3,61±0,20   | 3,91±0,17   | 3,60±0,12   |
|  | 6 месяц                  | 7,54±0,35            | 8,80±0,33*  | 8,46±0,30   | 7,78±0,27   |
| Количество достоверных изменений при P≤0,05                                |                          | 11                   | 10          | 5           | -           |

Примечание: \* – статистически значимые различия при P ≤ 0,05

**Выводы:**

Поливинилнитрат в концентрациях 20,0, 5,0 и 1,0 мг/л не изменяет органолептических свойств воды (прозрачность, цветность, наличие пены и запаха).

Токсикант оказывает негативное влияние на биохимическое потребление кислорода, процессы нитрификации и жизнеспособность сапрофитной микрофлоры воды водоёмов. Пороговая концентрация вещества по общесанитарному признаку вредности составляет 8,0 мг/л.

Порог однократного общетоксического действия ксенобиотика установлен на уровне 450,0 мг/кг.

При субхроническом пероральном воздействии химагент не проявляет способности к кумуляции. Величина ПД<sub>ПЭК</sub> составляет 16,6 мг/кг.

В условиях хронического эксперимента соединение оказывает явное общетоксическое действие на организм лабораторных животных, реализованное в многочисленных изменениях комплекса показателей. Величина  $Lim_{ch}^{integ}$  соответствует значению 0,6 мг/кг.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Современное производство пороха. Available at: <http://www.industrial.ru/news/66/>. (accessed 1 June 2011).
2. Россия улучшит пороховое производство. Available at: <http://sdelanounas.ru/blogs/149> (accessed 11 March 2012).
3. Смирнов Л.А., Силин В.С. Конверсия. Конверсия заводов по производству порохов и смесевых твердых топлив: в 4 т. М.: МГАХМ; 1994.
4. Фиошина М.А., Русин Д.Л. Основы химии и технологии порохов и твердых ракетных топлив: Учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева; 2001.
5. Энциклопедия полимеров: в 3 т. Ред. кол.: В.А. Каргин [и др]. Т. М.: Сов. Энциклопедия; 1972.
6. МУ 2.1.5.720 – Обоснование гигиенических нормативов химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Москва: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава РФ; 1999.
7. Елинов Н.П., Заикина Н.А., Соколова И.П. Руководство к лабораторным занятиям по микробиологии. Учебное пособие. М.: Медицина; 1988.
8. Лурье Ю.Ю. Унифицированные методы анализа вод. М.: Химия; 1971.
9. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. М.: Химия; 1984.
10. ГОСТ 3351-Вода питьевая. Методы определения вкуса, запаха, цветности и мутности. М.: Стандартиформ; 1984.
11. ГОСТ 31868-20 Межгосударственный стандарт. Вода. Методы определения цветности. М.: Стандартиформ; 2014.
12. Муравьев А.Г. Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами. 3-е изд., СПб.: Крисмас +; 2004.
13. Приказ Минздрава России № 267 от 19 июня 2003 г. «Правила проведения работ с использованием экспериментальных животных» (зарегистрировано в Минюсте РФ 25 июня 2003 г., регистрационный № 4809).
14. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа; 1990.

**REFERENCES:**

1. Modern production of low explosives. Available at: <http://www.industrial.ru/news/66/> (accessed 1 June 2011) (in Russian).
2. Russia will improve production of low explosives. Available at: <http://sdelanounas.ru/blogs/14952> (accessed 11 March 2012) (in Russian).
3. Smirnov L.A., Silin V.S. Conversion. Conversion of facilities producing low-explosives and mixtures of solid fuels. In 4 volumes. Moscow: MGAHKh; 1994 (in Russian).
4. Fiošina M.A., Rusin D.L. Fundamentals of chemistry and technology of low explosives and solid rocket propellants. Study guide. Moscow: RKhtU im. D.I. Mendeleeva; 2001.
5. Encyclopedia of polymers: 3 volumes. Ed. Board: V.A. Kargin et al. V. M.: Sov. Encyclopedia; 19 (in Russian).
6. Methodology guidelines 2.1.5.720 – Substantiation of hygienic norms of chemical substances contained in water of water bodies aimed for household, drinking, cultural and social needs. Moscow: Federal Center of State Sanitary and Epidemiological Control at Health Ministry; 1999 (in Russian).
7. Elinov N.P., Zaikina N.A., Sokolova I.P. Guide for laboratory practicals on microbiology. Study guide. Moscow: Meditsina; 1988 (in Russian).
8. Lur'e Yu.Yu. Unified methods of water analysis. Moscow: Khimiya; 1971 (in Russian).
9. Lur'e Yu.Yu. Analytical chemistry of industrial sewage water. Moscow: Khimiya; 1984 (in Russian).
10. State Standard 3351-Drinking water. Methods to determine taste, smell, color and suspended load. Moscow: Standartinform Publ., 1984 (in Russian).
11. State Standard 31868-20 Interstate standard. Water. Methods to determine color of water. Moscow: Standartinform Publ., 2014.
12. Murav'ev A.G. Guidelines to determine parameters of water quality using field methods. 3rd ed. Saint-Petersburg: Krimas +; 2004 (in Russian).
13. Order of Ministry of Health of Russia № 267 dated by 19 June 2003 Regulations to conduct works using experimental animals (registered in the RF Justice Ministry on June 25, 2003, reg. number 4809) (in Russian).
14. Lakin G.F. Biometry. Moscow: Vysshaya shkola; 1990 (in Russian).

*A.A. Maslennikov, S.A. Demidova, A.V. Ryabova*

## ECOLOGICAL AND TOXICOLOGICAL ASSESSMENT OF HAZARD, POSED BY WATER CONTAMINATION OF WATER BODIES WITH POLYVINYL NITRATE

Research Institute of Hygiene, Toxicology and Occupational Pathology at Federal Medical and Biological Agency, 400048 Volgograd, Russian Federation

Water containing polyvinyl nitrate was experimentally assessed on the basis of organoleptic, general sanitary and toxicological indicators of harmfulness. It was established that that the compound did not change water organoleptic properties but produced a negative impact on viability of saprophytic microflora, nitrification processes and biochemical oxygen demand. Besides, in tests on animals, the substance caused acute, sub-acute and chronic toxicity. Based on those signs of harmfulness, threshold levels of exposure were established. Data obtained were taken into account for substantiation of MAC (Maximum allowable concentration) of polyvinyl nitrate in water bodies.

**Keywords:** water, poly vinyl nitrate, sanitary mode, in water bodies, general toxic action, threshold level.

Материал поступил в редакцию 9.10.2017 г.