



## ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 504.052:639 + 504.054.001.5 + 504.3.064.2:543.062

### ВЛИЯНИЕ ПРОТИВОГРАДОВЫХ РАБОТ НА ЭКОЛОГИЮ ЗАЩИЩАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ

© 2008. Малкарова А.М.

Высокогорный геофизический институт, г. Нальчик

Рассматриваются основные факторы вредного физического воздействия на природную среду при проведении активных воздействий на градовые процессы. Приводятся результаты исследований содержания и накопления применяемых реагентов в районах многолетних работ. Проводится оценка уровня загрязнения окружающей среды. Даются выводы о безопасности применения технологий активного воздействия.

The main factors of harmful physical influence on natural environment are considered at realization of active influences on cloudy processes. The results of researches of the contents and accumulation of used reagents in areas of long-term works are resulted. The estimation of level of environment pollution is showed. The conclusions about safety of application of active influence technologies are represented.

Важнейшим требованием к технологиям воздействия на градовые процессы, как и к любым другим технологиям воздействия на окружающую среду, является экологическая безопасность. Воздействие на одно атмосферное явление или процесс не должно приводить к негативным изменениям других явлений и процессов. Поэтому одним из важных аспектов активного воздействия на градовые процессы является оценка уровней вредного физического воздействия на природную среду, побочных эффектов и экологической безопасности применяемых технологий.

#### 1. Основные факторы вредного воздействия на природную среду

1.1. Загрязнение окружающей среды при реализации российских технологий активного воздействия (АВ) на градовые процессы обусловлено следующими факторами:

- загрязнением атмосферного воздуха, почвы и воды открытых водоемов продуктами сгорания пиротехнических составов реагента засева, зарядов двигателей и шашек взрывчатых веществ системы самоликвидации корпусов противоградовых изделий (ПГИ) и пиропатронов;
- загрязнением почвы продуктами самоликвидации корпусов ПГИ и пиропатронов.

Продукты сгорания пиротехнического состава реагента (AgI) и заряда двигателя, вносимые в атмосферу при засеве градовых облаков, частично вымываются осадками и попадают в почву и открытые водоемы (около 80%), а частично (около 20%) остаются в атмосфере, распространяются воздушными потоками и могут быть вынесены за пределы защищаемого района (в основном на восток и северо-восток).

К числу факторов вредного физического воздействия на окружающую среду можно отнести также электромагнитное излучение метеорологических радиолокаторов и радиостанций, а также



побочные эффекты, каким является непреднамеренное изменение режима осадков на защищаемой и подветренной территориях.

1.2. Радиолокаторы МРЛ-5 и УКВ радиостанции, применяемые для АВ на градовые процессы, работают на частотах, выделенных для этих целей государственной инспекцией электросвязи. Расчет санитарно-защитной зоны и мероприятия по защите населения от воздействия электромагнитных полей осуществляются в соответствии с методическими указаниями по контролю и нормализации электромагнитной обстановки [9]. С целью уменьшения плотности потока мощности излучения антенны МРЛ и радиостанции размещаются выше уровня жилых и рабочих строений и на расстояниях от них, превышающих размеры санитарно-защитных зон; радиолокационный обзор пространства выполняется при углах не ниже 0,5 градуса. При выполнении требований по размещению метеорологических радиолокаторов и УКВ радиостанций плотность потока мощности СВЧ излучения на рабочих местах и окружающих объектах не превышает 5 мкВт/см<sup>2</sup> при предельно допустимом (в России) уровне 25 мкВт/см<sup>2</sup>.

1.3. Анализ непреднамеренного влияния ракетной технологии противорадовой защиты (ПГЗ) на режим осадков на защищаемой территории (ЗТ) и прилегающих территориях показал, что на ЗТ отмечается уменьшение в 1,5 раза продолжительности и интенсивности ливневых и градовых осадков, приводящих к эрозии почвы, а общее количество осадков практически не изменяется, так как указанный эффект компенсируется увеличением продолжительности и площади слабых осадков [3, 8]. На подветренной, более засушливой территории (на которую переносится остающаяся в атмосфере часть реагента, внесенного в облака) количество осадков увеличивается на 10-30% сезонной нормы за счет увеличения количества осадков слабой и средней интенсивности [3, 8]. Эти побочные эффекты расцениваются как положительные, так как способствуют уменьшению эрозии почвы ливневыми осадками на ЗТ и увеличению увлажнения на подветренной территории.

1.4. Основным фактором вредного физического воздействия на природную среду при проведении АВ на градовые процессы является загрязнение атмосферного воздуха, почвы и воды в открытых водоемах продуктами функционирования средств АВ (газообразные выбросы, осколки и остатки корпусов). Ниже приводятся результаты теоретических и экспериментальных исследований этих загрязнений, проведенных на примере регионов многолетней ПГЗ (Северный Кавказ, Грузия, Молдова).

## 2. Состав загрязняющих веществ, выбрасываемых в окружающую среду

АВ на градовые процессы, при которых вносится максимальное количество реагентов, осуществляется путем внесения льдообразующего реагента в области будущего градообразования [1] с помощью ПГИ «Алазань-6», «Кристалл» и «Алан-2» (табл. 1).

Таблица 1

Основные технические характеристики ПГИ

| Основные параметры ПГИ                           | Алазань-6            | Кристалл             | Алан-2             |
|--------------------------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|
| Калибр, мм                                       | 82,5                 | 82,5                 | 69                 |
| Длина, мм                                        | 1402                 | 1715                 | 980                |
| Стартовая масса, кг                              | 8,8                  | 12,0                 | 4,4                |
| Масса льдообразующего реагента, кг               | 0,66                 | 0,32                 | 2,1                |
| Масса корпуса (осколков корпуса) ПГИ, кг         | 4,7                  | 7,5                  | 1,9                |
| Содержание йодистого серебра в одном ПГИ, г      | 50,4                 | 6,4                  | 42,0               |
| Выход активных ядер с одного ПГИ при -10 °С      | 6,6·10 <sup>15</sup> | 1,5·10 <sup>15</sup> | 1·10 <sup>16</sup> |
| Интервал дальности засева, км                    | 2 - 10,5             | 2 - 12               | 0 - 12             |
| Время дымообразования, с                         | 36 ± 4               | 47,5 ± 5             | 50 ± 4             |
| Время самоликвидации, с                          | 41 ± 4               | 49,5 ± 5             | 50 ± 4             |
| Вероятность безопасного применения для населения | 0,999999             | 0,999999             | 0,999999           |



ПГИ «Алазань-6» и «Кристалл» состоят из головной части, двигателя, стабилизатора с перьями и системы обеспечения безопасности. Головная часть ПГИ «Алазань-6» снабжена моноблочным, а ПГИ «Кристалл» – кассетными пиротехническими генераторами кристаллизующих аэрозолей йодистого серебра. Двигатели снаряжены баллистичным экологически чистым топливом. Система безопасности содержит 230 и 430 грамм взрывчатого вещества с кумулятивными выемками, обеспечивающими дробление бумажно-бакелитовых корпусов ПГИ на мелкие безопасные для населения и животных осколки.

ПГИ «Алан-2» имеет дюралюминиевый корпус, двигатель и парашютную систему обеспечения безопасности. Генератором кристаллизующих частиц является маршевый двигатель, снаряженный льдообразующим топливом с 2%-ным содержанием йодистого серебра (AgI), создающий необходимую силу тяги по всей траектории полета.

Химический состав вредных веществ в продуктах горения заряда двигателя, пиротехнического состава и шашки ликвидации ПГИ «Алазань-6», «Кристалл» и «Алан-2», полученный на основе химического анализа, представлен в табл. 2, в которой классификация вредных веществ дана по ГОСТу 12.1.007-76: I класс – вещества чрезвычайно опасные, II класс – высокоопасные, III класс – умеренно опасные, IV класс – малоопасные.

Таблица 2

**Содержание вредных веществ, выделяемых ПГИ**

| Химическая формула                                                    | Класс опасности | Масса выхода вредных веществ с 1 ПГИ, г |          |         |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------|----------|---------|
|                                                                       |                 | Алазань-6                               | Кристалл | Алан-2  |
| В продуктах сгорания пиротехнического состава реагента                |                 |                                         |          |         |
| CH <sub>4</sub>                                                       | II              | 117,00                                  | 62,80    |         |
| HIO <sub>5</sub>                                                      | II              | 18,53                                   | 9,95     |         |
| NH <sub>3</sub>                                                       | IV              | 0,003                                   | 0,002    | 212,8   |
| AgI                                                                   | II              | 5,12                                    | 2,75     | 41,8    |
| I <sub>2</sub>                                                        | II              | 5,60                                    | 3,00     | 7,4     |
| CO                                                                    | IV              | 263,40                                  | 141,38   | 694,3   |
| SiO <sub>2</sub>                                                      | IV              | 33,50                                   | 17,98    |         |
| HCl                                                                   | II              | 25,36                                   | 14,42    |         |
| Итого:                                                                |                 | 468,51                                  | 252,28   |         |
| В продуктах взрыва шашки самоликвидатора ПГИ «Алазань-6» и «Кристалл» |                 |                                         |          |         |
| NH <sub>3</sub>                                                       | IV              | 0,03                                    | 0,03     | 58,9    |
| CO                                                                    | IV              | 62,15                                   | 62,15    |         |
| Итого:                                                                |                 | 62,18                                   | 62,18    |         |
| В продуктах сгорания зарядов двигателей                               |                 |                                         |          |         |
| CO                                                                    | IV              | 1876,4                                  | 2305,3   | 671,8   |
| CH <sub>3</sub>                                                       | IV              | 0,46                                    | 0,57     |         |
| Итого:                                                                |                 | 1876,86                                 | 2305,87  |         |
| Всего в ПГИ:                                                          |                 | 2407,55                                 | 2620,33  | 1687,00 |

В качестве специфических веществ, вызывающих загрязнение природной среды противорадовыми работами, следует принять вещества II класса опасности: йодид серебра (преимущественно), йод и йодистая кислота. Выброс других веществ из-за их малости невозможно выделить на фоне промышленных, транспортных и других выбросов. Предельный выброс йодида серебра в атмосферу при проведении ПГЗ должен быть меньше предельно допустимых концентраций (ПДК), равных [6]: 0,5 мкг/м<sup>3</sup> в воздухе атмосферы; 0,05 мг/л в воде водоемов; 2,82 мг/кг в почве.

Как видно из табл. 2, в продуктах горения, используемых ПГИ, содержатся в основном малоопасные вещества IV класса и малые количества высокоопасных веществ II класса.

### 3. Экспериментальные исследования загрязнения природной среды

Экспериментальные исследования содержания и накопления применяемых реагентов (AgI, PbI<sub>2</sub>) в атмосфере, воде открытых водоемов и почве осуществлялись в районах многолетнего проведения ПГЗ на Северном Кавказе [7], в Грузии [4, 5] и Молдове [10]. Исследования проводились



путем забора проб воздуха, осадков, воды открытых водоемов и почвы на открытых и закрытых (под старыми строениями) участках почвы и последующего химического анализа.

3.1. Исследования на Северном Кавказе ([7] и др.) показали, что выпадение  $\text{AgI}$  и  $\text{PbI}_2$  имеет пятнистый характер с вариациями их концентрации в осадках в пределах от 0,002 до 2,6 мкг/л, а в градовых дорожках до 31 мкг/л. Плотность выпадения серебра в осадках колеблется в пределах 0,01–29,4 мкг/м<sup>2</sup>. Среднее по сезону защиты содержание серебра в воздухе над ЗТ в 1986–1989 гг. составляло  $6,4 \cdot 10^{-5}$  –  $8,3 \cdot 10^{-5}$  мкг/м<sup>3</sup>.

3.2. Экспериментальные исследования концентрации серебра в воздухе и воде открытых водоемов на ЗТ и КТ, проведенные в Молдове, дали следующие результаты [10]:

- до 1980 г. при использовании ПГИ «Облако» с  $\text{PbI}_2$  средняя в сезоне концентрация свинца в воздухе над ЗТ составляла 1,16 – 1,61 мкг/м<sup>3</sup>, превышая ПДК в 4 – 5 раз, но после перехода в 1984 г. на ПГИ с  $\text{AgI}$  содержание свинца снизилось до 0,08 – 0,1 мкг/м<sup>3</sup> (что в 3 раза меньше ПДК), а содержание серебра в воздухе над ЗТ составляло 0,009 – 0,012 мкг/м<sup>3</sup>, что в 1000 раз меньше ПДК;

- концентрация серебра в открытых водоемах на ЗТ в 1983–1989 гг. составляла 1,62–5,37 мкг/л, что почти в 10 меньше ПДК, равного 50 мкг/л [6].

3.3. Экспериментальные исследования химического состава осадков, проведенные в Алазанской долине в 1965–1977 гг. [4, 5], дали аналогичные результаты. Кроме того, выяснилось следующее:

- в дни с АВ содержание йода в осадках увеличивается;
- вертикальное распределение  $\text{PbI}_2$  в почвах Кахетии свидетельствует о том, что разница в содержании свинца в поверхностных и нижележащих слоях почвы составляет не более 1 мг/кг, т.е. находится в пределах ошибки измерений;

- содержание  $\text{PbI}_2$  в почвах Алазанской долины и других районов Грузии, где не проводились противоградовые работы, практически не отличается между собой и от среднего содержания в почвах других регионов мира;

- содержание реагентов засева в пробах почвы, взятых на ЗТ и под зданиями, построенными до проведения АВ, не выявило изменений, связанных с ПГЗ;

- содержание природного йода в 10-сантиметровом слое почвы (в зоне активного обмена) составляет 500–100 мг/кг, что в 1000 раз превышает уровень техногенного (за счет засева облаков) вноса;

- содержание йода в почвах Кахетии (на ЗТ) до защиты и в годы защиты практически не отличается и в два раза ниже, чем в почвах других регионов (что связано с низким содержанием в почвах Кахетии гумуса, являющегося концентратом йода).

Таким образом, экспериментальные исследования показали, что уровень загрязнения окружающей среды технологией ПГЗ значительно ниже ПДК [6], хотя могут быть локальные выпадения повышенной концентрации  $\text{AgI}$  и  $\text{PbI}_2$  (последний с 1986 г. не применяется).

Учитывая, что в экспериментах с взятием проб воздуха, воды и почвы в отдельных точках трудно получить полную картину загрязнения природной среды, были проведены теоретические исследования количества выбросов в окружающую среду и максимальных концентраций вредных выбросов, создаваемых при засеве градовых и градоопасных облаков.

#### 4. Теоретические исследования уровня загрязнения природной среды

Теоретические исследования загрязнения окружающей среды при ракетном засеве облаков проведены путем расчета максимальных концентраций загрязняющих веществ в атмосфере, почве и воде на основе данных о расходе ПГИ и спектрального анализа содержания этих веществ в продуктах сгорания состава реагента с 2 %-ным содержанием  $\text{AgI}$ , зарядов двигателей и продуктов взрыва шашки системы самоликвидации ПГИ.

Расход ПГИ в течение сезона неравномерен: максимум приходится в Северном полушарии обычно на май – июнь, а в Южном полушарии на декабрь-январь. В отдельные дни с мощными градовыми процессами расходуется до 30% годовой нормы. Поэтому расчет максимально возможных загрязнений природной среды реагентами засева и другими веществами выполнен в предпо-



ложении, что годовая норма расхода ПГИ внесена в атмосферу единовременно. Кроме того, в расчетах использован расход ПГИ в провинции Мендоса Аргентины, где расход ПГИ в 2–3 раза больше, чем во всех других регионах применения российской технологии ПГЗ.

4.1. Расчет максимальной среднеобъемной концентрации  $j$ -го газообразного вещества **в атмосфере** ( $\text{мкг/м}^3$ ), вносимого при засеве градовых облаков, при равномерном распределении этого вещества над засеваемой территорией можно провести по формуле:

$$K_{Aj} = 10^6 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n N_i \cdot m_{ij}}{S \cdot H} = 10^6 \cdot \frac{M_{ij}}{S}, \quad (1)$$

где  $K_{Aj}$  – концентрация  $j$ -го газообразного вещества, создаваемая в атмосфере при засеве градовых и градоопасных облаков ( $\text{мкг/м}^3$ );  $N_i$  – годовой расход ПГИ  $i$ -го типа;  $m_{ij}$  – масса  $j$ -го вещества, выделяемого одной ПГИ  $i$ -го типа (г);  $M_{ij}$  – общая масса  $j$ -го вредного вещества, выделяемого при годовом расходе ПГИ ( $\text{кг/год}$ );  $S$  – площадь, над которой осуществляется выброс веществ в атмосферу ( $\text{м}^2$ );  $H$  – толщина слоя атмосферы, в котором производится распыление газообразных веществ, принятая равной 1000 м.

4.2. Расчет максимальных концентраций  $j$ -го вещества, которое может накопиться **в воде** открытых водоемов  $K_B$  ( $\text{мг/л}$ ) в течение сезона защиты при условии полного и равномерного осаднения вносимого в атмосферу вещества на поверхности воды открытых водоемов, производится по формуле:

$$K_{Bj} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i \cdot m_{ij}}{S \cdot h_B} = 10^3 \cdot \frac{M_{ij}}{S}, \quad (2)$$

где  $h_B$  – глубина водоема, принятая равной 1 м.

4.3. Расчет максимальных концентраций  $j$ -го вещества, которое может накопиться **в почве**  $K_{\Pi}$  ( $\text{мг/кг}$ ) за один сезон ПГЗ при условии его полного и равномерного осаднения на поверхности почвы, проведен по формуле:

$$K_{\Pi j} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i \cdot m_{ij}}{\rho_{\Pi} \cdot S \cdot h_{\Pi}} = 2,5 \cdot 10^3 \cdot \frac{M_{ij}}{S}, \quad (3)$$

где  $h_{\Pi}$  – глубина пахотного слоя земли (0,2 м);  $\rho_{\Pi}$  – удельная плотность почвы (2  $\text{кг/л}$ ).

4.4. Расчет **массы осколков** и корпусов ПГИ, которая может накопиться за год **в почве** ( $\text{кг/га}$ ) на каждом гектаре территории защиты и предзащиты, произведен по формуле:

$$K_O = 10 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n N_i \cdot m_{oi}}{S} = 10^4 \cdot \frac{M_{oi}}{S}, \quad (4)$$

где  $m_{oi}$  и  $M_{oi}$  – масса осколков одного ПГИ (г) и всех ПГИ, расходуемых за сезон (кг).

Таблица 4

**Количество выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду при проведении  
противоградовой защиты с помощью ПГИ «Алазань-6» и «Кристалл»  
(на примере провинции Мендоса в Аргентине, где расход ПГИ был максимальным)**

| Вещество | Класс опасности | Максимально возможный выброс загрязняющих веществ | Максимальная концентрация загрязняющих веществ, создаваемая при условии единовременного расхода среднегодовой нормы | ПДК |
|----------|-----------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|----------|-----------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|



|                      |    | ПГИ            |               |                                       |                                        | ПГИ                                     |                           |                            | ПГИ                                               |                                              |                        |
|----------------------|----|----------------|---------------|---------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------|
|                      |    | одно ПГИ, т г  |               | за день<br>с засе-<br>вом,<br>кг/день | за<br>год,<br>М <sub>г</sub><br>кг/год | K <sub>Аг</sub> ,<br>мкг/м <sup>3</sup> | K <sub>Вг</sub> ,<br>мг/л | K <sub>Пг</sub> ,<br>мг/кг | в ат-<br>мо-<br>сфе-<br>ре,<br>мкг/м <sup>3</sup> | в воде<br>открытых<br>водое-<br>мов,<br>мг/л | в поч-<br>ве,<br>мг/кг |
|                      |    | Ала-<br>зань-6 | Кри-<br>сталл |                                       |                                        |                                         |                           |                            |                                                   |                                              |                        |
| Аммиак               | IV | 0,033          | 0,032         | 0,017                                 | 0,17                                   | 4,6·10 <sup>-5</sup>                    | 4,6·10 <sup>-8</sup>      | 1,2·10 <sup>-7</sup>       | 20,0                                              | 0,05                                         | -                      |
| Аэросил              | IV | 33,50          | 17,98         | 16,8                                  | 167,5                                  | 4,2·10 <sup>-2</sup>                    | 4,2·10 <sup>-6</sup>      | 1,1·10 <sup>-5</sup>       | 1,0                                               | -                                            | -                      |
| Иод                  | II | 5,60           | 3,00          | 2,80                                  | 28,0                                   | 7,0·10 <sup>-3</sup>                    | 7,0·10 <sup>-6</sup>      | 1,8·10 <sup>-5</sup>       | 1,0                                               | -                                            | -                      |
| Иодистая<br>кислота  | II | 18,33          | 9,95          | 9,2                                   | 91,7                                   | 2,3·10 <sup>-2</sup>                    | 2,1·10 <sup>-5</sup>      | 5,7·10 <sup>-5</sup>       | 2,0                                               | -                                            | -                      |
| Иодид се-<br>ребра   | II | 5,12           | 2,75          | 2,6                                   | 25,6                                   | 6,4·10 <sup>-3</sup>                    | 6,4·10 <sup>-6</sup>      | 1,7·10 <sup>-5</sup>       | 0,5                                               | 0,05                                         | 2,82                   |
| Метан                | IV | 0,46           | 0,57          | 0,23                                  | 2,3                                    | 5,8·10 <sup>-4</sup>                    | 5,8·10 <sup>-7</sup>      | 1,5·10 <sup>-6</sup>       | 10,0                                              | -                                            | -                      |
| Угарный<br>газ       | IV | 2201,95        | 2508,8<br>3   | 1101                                  | 11009<br>,8                            | 2,7                                     | 2,7·10 <sup>-3</sup>      | 7,2·10 <sup>-3</sup>       | 5,0                                               | -                                            | 3,6                    |
| Углеводо-<br>род     | II | 117            | 62,80         | 58,5                                  | 585,0                                  | 0,15                                    | 1,5·10 <sup>-4</sup>      | 4,0·10 <sup>-4</sup>       | 10,0                                              | -                                            | -                      |
| Хлористый<br>водород | II | 25,36          | 14,42         | 12,7                                  | 126,8                                  | 3,2·10 <sup>-2</sup>                    | 3,2·10 <sup>-5</sup>      | 8,5·10 <sup>-5</sup>       | 1,0                                               | 300                                          | 2,35                   |
| Осколки<br>корпусов  | -  | 4700           | 7500          | 2350                                  | 23500                                  | -                                       | -                         | 0,06 кг/га                 | -                                                 | -                                            | -                      |

4.5. **Результаты расчетов** загрязнения природной среды при засевах облаков ПГИ «Алазань-6» и «Кристалл» представлены в табл. 4, а ПГИ «Алан-2» – в табл. 5. Анализ этих результатов показывает, что максимально возможные концентрации вредных веществ, которые могут накапливаться в воздухе, открытых водоемах и почве даже при единовременном расходе годовой нормы ПГИ, в 10<sup>2</sup>–10<sup>6</sup> раз ниже ПДК, которые составляют для веществ II класса опасности в воздухе 0,1–1,0 мг/м<sup>3</sup>, а IV класса – 10 мг/м<sup>3</sup>. Следовательно, загрязнения почвы, воды и атмосферы при применении ракетной технологии ПГЗ в самых градоопасных регионах экологической опасности не представляют.

4.6. Корпуса ПГИ «Алазань-6» и «Кристалл» изготовлены из изоляционной бумаги, пропитанной бакелитовым лаком с весовым составом компонентов: бумага – 53%, лак – 47%. Этот материал не токсичен, токсичных соединений не образует и экологически безопасен. Масса осколков корпусов ПГИ «Алазань-6», «Кристалл», падающих на подстилающую поверхность за сезон ПГЗ, не превышает 0,06 кг/га, что экологически вполне безопасно.

Дюралюминиевые корпуса ПГИ «Алан-2» после окончания работы двигателя опускаются на парашюте с безопасной для населения, флоры и фауны скоростью (9 – 12 м/с). Масса их корпусов, могущая накопиться за сезон, не превышает 0,02 кг/га, что значительно меньше выбросов в почву других антропогенных источников и экологически безопасно.

Таблица 5

**Количество выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду при условии проведения  
противоградовой защиты с помощью ПГИ «Алан-2» (на примере провинции Мендоса в Аргентине)**

| Веще-<br>ство | Класс<br>опас-<br>ности | Максимально возможный<br>выброс загрязняющих ве-<br>ществ |                                  |                                            | Максимальная концентрация ве-<br>ществ, создаваемая при условии еди-<br>новременного расхода среднегодо-<br>вой нормы ПГИ |                           |                            | ПДК                                     |                                         |                        |
|---------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------|
|               |                         | из одно-<br>го ПГИ,<br>т <sub>г</sub>                     | за день с<br>засевом,<br>кг/день | за<br>год,<br>М <sub>г</sub><br>кг/го<br>д | K <sub>Аг</sub> ,<br>мкг/м <sup>3</sup>                                                                                   | K <sub>Вг</sub> ,<br>мг/л | K <sub>Пг</sub> ,<br>мг/кг | в атмо-<br>сфере,<br>мкг/м <sup>3</sup> | в воде<br>открытых<br>водоемов,<br>мг/л | в поч-<br>ве,<br>мг/кг |



|                        |     |       |       |            |                      |                      |                      |     |      |      |
|------------------------|-----|-------|-------|------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----|------|------|
| H <sub>2</sub>         | IV  | 43,9  | 17,6  | 175,<br>6  | 4,4·10 <sup>-2</sup> | 4,5·10 <sup>-5</sup> | 1,1·10 <sup>-4</sup> | 0,5 | 0,05 | 2,82 |
| I                      | III | 7,4   | 3,0   | 29,6       | 7,4·10 <sup>-3</sup> | 7,4·10 <sup>-6</sup> | 1,8·10 <sup>-5</sup> | 1,0 | -    | -    |
| HI                     | III | 241,9 | 96,8  | 967,<br>6  | 0,24                 | 2,4·10 <sup>-4</sup> | 6,0·10 <sup>-4</sup> | -   | -    | -    |
| CO                     | IV  | 694,3 | 277,7 | 2777,<br>2 | 0,69                 | 6,9·10 <sup>-4</sup> | 1,8·10 <sup>-3</sup> | 5,0 | -    | 3,6  |
| CO <sub>2</sub>        | IV  | 671,8 | 268,7 | 2687,<br>2 | 0,67                 | 6,7·10 <sup>-4</sup> | 1,7·10 <sup>-3</sup> | 0,5 | 0,05 | 2,82 |
| N <sub>2</sub> C       | IV  | 212,8 | 85,1  | 851,<br>2  | 0,21                 | 2,1·10 <sup>-4</sup> | 5,3·10 <sup>-4</sup> | -   | -    | -    |
| AgI <sub>k</sub>       | II  | 41,8  | 16,7  | 167,<br>2  | 4,2·10 <sup>-2</sup> | 4,2·10 <sup>-5</sup> | 1,0·10 <sup>-4</sup> | -   | -    | -    |
| Cu <sub>k</sub>        | III | 61,8  | 24,7  | 247,<br>2  | 6,2·10 <sup>-2</sup> | 6,2·10 <sup>-5</sup> | 1,5·10 <sup>-4</sup> | -   | -    | -    |
| FeO <sub>k</sub>       | III | 4,2   | 1,7   | 16,8       | 4,2·10 <sup>-3</sup> | 4,2·10 <sup>-6</sup> | 1,1·10 <sup>-5</sup> | -   | -    | -    |
| Fe <sub>k</sub>        | IV  | 62,7  | 25,1  | 250,<br>8  | 2,3·10 <sup>-2</sup> | 2,3·10 <sup>-5</sup> | 1,6·10 <sup>-4</sup> |     |      |      |
| N <sub>2</sub>         | IV  | 58,9  | 23,6  | 235,<br>6  | 5,9·10 <sup>-2</sup> | 5,9·10 <sup>-5</sup> | 1,5·10 <sup>-4</sup> |     |      |      |
| H <sub>2</sub> O       | IV  | 192,7 | 65,1  | 650,<br>8  | 0,16                 | 1,6·10 <sup>-4</sup> | 4,1·10 <sup>-4</sup> |     |      |      |
| Масса<br>корпу-<br>сов | -   | 2 000 | 800,0 | 8000       | -                    | -                    | 0,02 кг/га           | -   | -    | -    |

Примечание: индекс к означает «конденсированный».

## 5. Заключение

Экспериментальные и теоретические исследования показали, что:

- максимальная концентрация наиболее опасного из вносимых в окружающую среду веществ (AgI) в районах многолетнего применения ракетной технологии ПГЗ составляет: в воздухе атмосферы менее 0,04 – 0,006 мкг/м<sup>3</sup>; в воде открытых водоемов менее 0,000013 мг/л, а по стандарту Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) не должна превышать 0,05 мг/л); в почве менее 3,3·10<sup>-5</sup> мг/кг;
- шумовое воздействие при старте ПГИ с пунктов, расположенных не ближе 500 м от населенных пунктов, не превышает уровня 55 dB, допустимого по стандарту ВОЗ;
- уровень электромагнитных излучений радиолокаторов и УКВ радиостанций не превышает предельно допустимых норм;

Таким образом, уровень вредного физического воздействия на природную среду при применении ракетной технологии ПГЗ с учетом факторов загрязнения, электромагнитного излучения, шума и других побочных эффектов в 10<sup>2</sup>-10<sup>4</sup> ниже ПДК, разрешенного ВОЗ.

Аналогичная оценка авиационной технологии засева облаков с целью искусственного увеличения осадков, при которой масса вносимых в атмосферу реагентов еще меньше, свидетельствует об экологической безопасности и этих технологий активного воздействия на градовые процессы. Хуже обстоит дело с применением наземных генераторов йодистого серебра. При длительной работе генератора вокруг него могут накапливаться такие концентрации йодида серебра, при которых возможны гибель растений, микробов и процессы мутации.

## Библиографический список



1. Абесалашвили Л.Ш., Сунаташвили Г.Д. Содержание йода и свинца в почвах Кахетии // Труды ИГАН Грузии. – Тбилиси: Мецниереба, 1982. Вып. XIX. – С. 103-110. 2. Абесалашвили Л.Ш., Сунаташвили Г.Д. Химический состав атмосферных осадков Алазанской долины // Труды ИГАН. – Тбилиси: Мецниереба, 1980. Вып. VII. – С. 6-93. 3. Абшаев М.Т. Оперативный контроль эффективности воздействия на градовые процессы // Труды ВГИ. 1981. Вып. 72. – С. 81-99. 4. Абшаев М.Т., Дубинин Б.Н., Шимшилашвили М.Э. Об эффективности технических средств воздействия на градовые процессы // Труды ВГИ. 1986. Вып. 63. – С. 110 - 126. 5. Абшаев М.Т., Малкарова А.М., Борисова Н.В. О тенденции изменения климата на Северном Кавказе // Труды Всемирной конференции по изменению климата. – М.: Гидрометеиздат, 2003. 6. Безопасные уровни содержания вредных веществ в окружающей среде. – Свердловск: изд. НИИ общей и коммунальной гигиены им. А.Т. Сысина АМН СССР, 1990. 7. Бурцев И.И., Бурцева Л.В., Воробьева Т.И., Шведов С.В. Оценка концентрации реагентов в атмосферном воздухе и осадках на противорадиационных полигонах Северного Кавказа // Труды ВГИ. 1974. Вып. 25. – С. 98-106. 8. Изменение осадков противорадиационной защитой / Л.А. Диневич и др. – Иерусалим, 1998. – 296 с. 9. Контроль и нормализация электромагнитной обстановки, создаваемой метеорологическими радиолокаторами. Методические указания. Госкомитет СССР по гидрометеорологии, Министерство здравоохранения СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 64 с. 10. Никорич Т.Д., Никорич В.А., Попов Е.И. Влияние противорадиационной защиты на содержание реагента засева в малых водоемах на территории Молдавской ССР // Труды ЦАО. 1984. Вып. 156. – С. 76-83.

УДК 597-1.045

## ОСОБЕННОСТИ СОДЕРЖАНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНИЗМЕ РУССКОГО ОСЕТРА СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

© 2008. **Шабоянц Н.Г., Шипулин С.В., Гусейнова С.А.**  
Астраханский государственный технический университет

Микроэлементы имеют особое значение для современного состояния биосферы. Они не входят в состав органических соединений, из которых состоят ткани живых организмов, но в то же время являются необходимым компонентом биокатализаторов и биорегуляторов важнейших физиологических процессов.

Microcells have special value for a modern condition of biosphere. They are not a part of organic connections of which fabrics of alive organisms consist, but at the same time are a necessary component of biocatalysts and bioregulators of the major physiological processes.

Протекающие в биосфере геохимические и биогеохимические процессы, а также деятельность человека обуславливают миграцию, рассеивание и концентрацию микроэлементов в породах, почвах, грунтах, водах, а следовательно, на населяющие их животные организмы [1, 3, 4, 5] Неравномерное распределение микроэлементов в органах и тканях рыб объясняется структурными различиями клеток, сопровождающихся разной поглотительной способностью [2, 6].

Нами проведены исследования по определению микроэлементного состава органов производителей русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii*), пойманного весной 2006 года в Северной части Каспийского моря. Количественный анализ органов и тканей исследуемых рыб проводили на спектрофотометре «Hitachi» модели 180-50.

Анализируя микроэлементный состав некоторых органов русского осетра Северного Каспия, следует отметить, что наименьшее среднее содержание железа у самок было обнаружено в гонадах 116,35 мг/кг при изменениях колебаний от 93,5 до 142,15 мг/кг сухого веса органа. Жабры содержат в 3 раза больше этого металла. Среднее значение концентрации равно 348,3 мг/кг сухого веса. Минимальная концентрация составляет 256,41 мг/кг, а максимальная – 438,57 мг/кг сухого веса органа. Печень содержит железа более чем в 6 раз по сравнению с гонадами 713,48 мг/кг, из-