УДК 662.8

С.Г.ГЕНДЛЕР, *д-р техн. наук, профессор, sgendler@mail.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный университет

В.А.РОГАЛЕВ, *д-р техн. наук, профессор, maneb@mail.ru*
Международная академия наук экологии, безопасности человека и природы

S.G.GENDLER, *Dr. in eng. sc., professor, sgendler@mail.ru*
Saint Petersburg State Mining University

V.A.ROGALEV, *Dr. in eng. sc., professor, maneb@mail.ru*
International Academy of Ecology, Man and Nature

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ

Приведены результаты натурных исследований загрязнения атмосферного воздуха при сооружении транспортных тоннелей на совмещенной дороге Адлер - Красная Поляна. Установлены особенности динамики экологической нагрузки на атмосферный воздух. Дана оценка воздействия выбросов загрязняющих веществ из транспортных тоннелей на атмосферу. Показана возможность снижения концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе за счет использования вентиляционных стволов для удаления из тоннеля исходящего воздушного потока.

***Ключевые слова*:** транспортные тоннели, загрязняющие вещества, атмосферный воздух, экологическая нагрузка, вентиляционные выбросы, нормализация экологической обстановки.

ESTIMATION OF ATMOSPHERIC AIR POLLUTION AT CONSTRUCTION AND OPERATION OF TRAFFIC TUNNEL

Results of field observation of atmospheric air pollution at a construction of transport tunnels on highway and railway Adler – Red Forest Meadow are presented. Features of an environmental pressure dynamics on atmospheric air are determined. The estimation of pollutant emission influence from transport tunnels on atmospheric air is given. Possibility of concentration of pollutants decrease in atmospheric air at the expense of ventilation shafts use for removal from the tunnel of outgoing air flow is shown.

***Key words*:** transport tunnels, polluting substances, atmospheric air, environmental pressure, atmospheric emission, normalization of environmental situation.

В последние годы в России многократно увеличилось число строящихся и эксплуатируемых транспортных тоннелей. Наряду с несомненными преимуществами: разгрузка наземных магистралей; их повышенная защищенность от воздействия природных факторов (камнепады, оползни, лавины сели и т.п.); сокращение протяженности железнодорожных и автомобильных дорог, пересекающих горные хребты; сохранение природного ландшафта или минимальное нарушение архитектурных ансамблей городов, – сооружение и эксплуатация транспортных тоннелей сопровождается рядом негативных явлений. Одно из них – выброс в воздушную среду загрязняющих веществ, выделяющихся

при работе погрузочно-доставочных машин в период проходки выработок и при движении по тоннелям транспортных средств во время эксплуатации.

Характер воздействия выбросов загрязняющих веществ на атмосферный воздух в период сооружения тоннелей был изучен на основании натурных измерений, проведенных в 2009-2011 гг. при строительстве тоннелей на совмещенной (автомобильной и железной) дороге Адлер – горно-климатический курорт «Альпика-Сервис». Анализ данных экспериментальных исследований позволил сделать следующие выводы:

• степень негативного воздействия строительства на атмосферный воздух зависит от технологии проходки тоннелей (с помощью тоннельного проходческого щита, комбайна, буровзрывных работ). Величина выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, в основном, определяется их концентрацией в тоннельном воздухе, что связано с работой двигателей внутреннего сгорания погрузочно-доставочных машин;

• при комбайновой проходке при разрушении горных пород образуются аэрозоли фиброгенного действия (пыли), которые при отсутствии эффективных методов пылеподавления попадают в тоннельный воздух и выбрасываются на поверхность;

• применение буровзрывной технологии приводит к выделению загрязняющих веществ – продуктов химических реакций, протекающих при разложении взрывчатых веществ.

Другой особенностью работ по сооружению транспортных тоннелей является неравномерность воздействия загрязняющих веществ на атмосферный воздух. Минимальный в начальный период строительства, растет по мере увеличения протяженности выработок и повышения интенсивности проходческих работ. После завершения основного этапа строительства, во время обустройства тоннелей воздействие на атмосферный воздух вновь снижается. Это подтверждают данные натурных исследований при сооружении тоннельного комплекса, который включает железнодорожный и автодорожный тоннели протяженностью соответственно 2500 и 2350 м, а также сервисную штольню длиной 2340 м (рис.1-3). При сооружении тоннельного комплекса применялись все упомянутые технологии. В качестве погрузочно-доставочных машин использовались экскаватор «Като» с укороченной стрелой, автосамосвал МоАЗ-7405, погрузчик LH-410 «Sandvik». Суммарная мощность двигателей погрузочно-доставочных машин достигала 400 кВт.

Исследования показали, что содержание оксида углерода в атмосферном воздухе на всем протяжении периода строительства не превосходило ПДК, а содержание диоксида серы и взвешенных частиц в течение приблизительно пяти месяцев до сбойки выработок и двух месяцев после сбойки оказывалось выше ПДК. Описанная динамика содержания загрязняющих веществ в атмосфере может быть объяснена повышением численности погрузочно-доставочного оборудования по мере увеличения протяженности проходимого участка выработки и, следовательно, возрастанию выбросов загрязняющих веществ в тоннельный воздух, а также недостаточной эффективностью работ по пылеподавлению.

Таким образом, одним из путей снижения экологической нагрузки на атмосферный воздух в районах, прилегающих к припортальным строительным площадкам, являлось увеличение количества воздуха, подаваемого в забои, а также повышение интенсивности пылеподавления. Эти мероприятия были реализованы при сооружении тоннельного комплекса № 1 и привели к положительному результату.

При эксплуатации транспортных тоннелей, в отличие от железнодорожных и автомобильных дорог, где выбросы загрязняющих веществ распределены по участку дороги в целом равномерно, выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух происходит или из портала тоннеля, или из вентиляционной выработки (ствол, штольня и т.п.). Концентрация загрязняющих веществ в исходящей воздушной струе определяется протяженностью тоннеля, его сечением, профилем трассы, схемой вентиляции и количеством воздуха, интенсивностью и структурой транспортного потока, скоро-

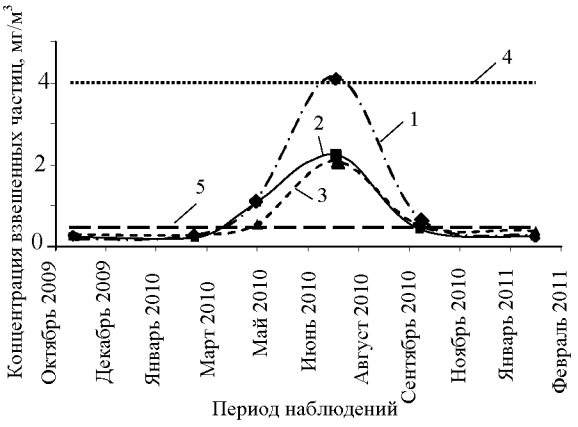


Рис.1. Содержание взвешенных частиц в тоннельном и атмосферном воздухе на участке от забоя до границы строительной площадки

1 – в забое железнодорожного тоннеля; 2 – на выходе из портала; 3 – в 50 м от портала; 4 и 5 – соответственно ПДК взвешенных частиц в воздухе рабочей зоны и максимально-разовая ПДК

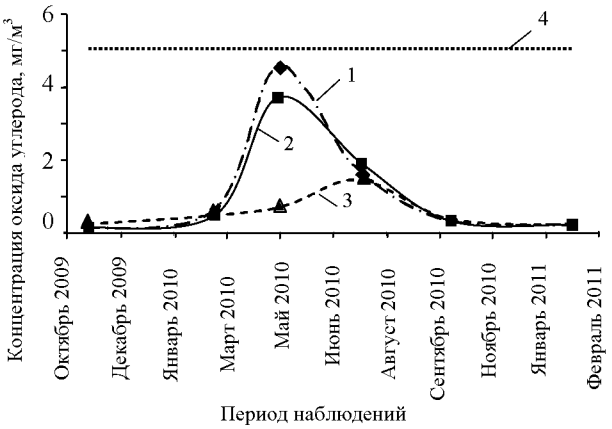


Рис.2. Содержание оксида углерода в тоннельном и атмосферном воздухе на участке от забоя до границы строительной площадки

1 – в забое железнодорожного тоннеля; 2 – на выходе из портала; 3 – в 50 м от портала; 4 – максимально-разовая ПДК оксида углерода

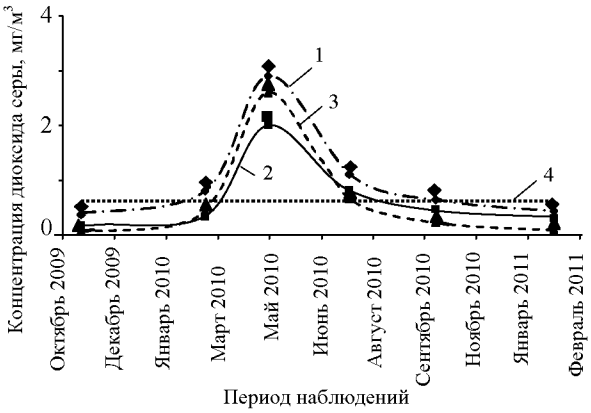


Рис.3. Содержание диоксида серы в тоннельном и атмосферном воздухе на участке от забоя до границы строительной площадки

1 – в забое железнодорожного тоннеля; 2 – на выходе из портала; 3 – в 50 м от портала; 4 – максимально-разовая ПДК диоксида серы

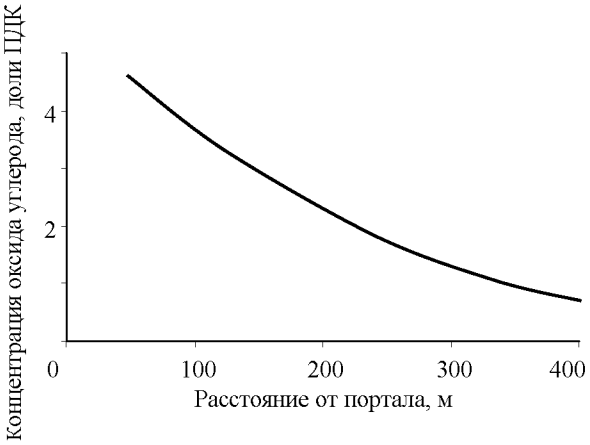
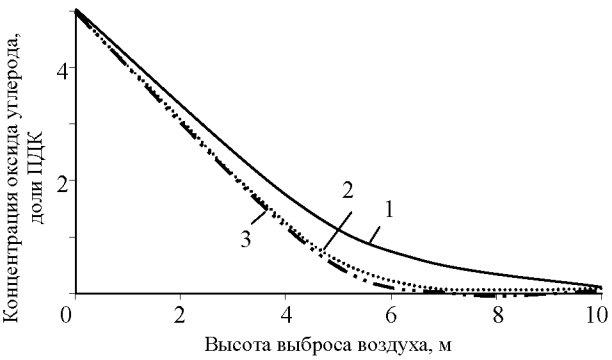


Рис.4. Расчетное изменение концентрации оксида углерода в атмосферном воздухе на различных расстояниях от портала тоннеля с исходящей вентиляционной струей

а



б

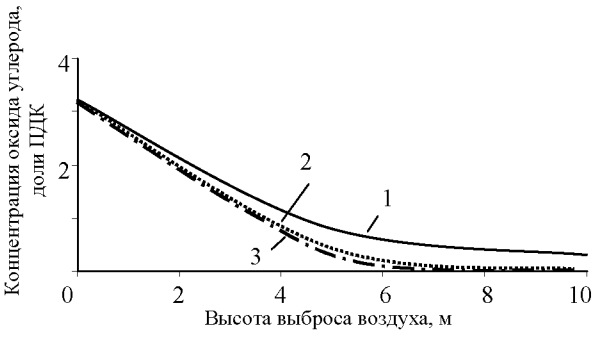


Рис.5. Расчетное изменение содержания оксида углерода в атмосферном воздухе на расстоянии 50 м (*а*) и 100 м (*б*) от портала в зависимости от высоты выброса исходящей вентиляционной струи над поверхностью дороги

1, 2 и 3 – концентрации оксида углерода на различной высоте от поверхности дороги 30, 10 и 2 м соответственно

стью движения транспорта, количеством полос (путей), направлениями движения транспортных средств (одно- или двухнаправленное). Локальный выброс загрязняющих веществ может привести к существенному ухудшению экологической обстановки в районах, расположенных вблизи мест удаления исходящей воздушной струи из тоннеля.

Одним из наиболее эффективных способов снижения экологической нагрузки на атмосферный воздух может стать удаление загрязненного воздуха из тоннеля через вентиляционный ствол, устье которого расположено на определенной высоте над уровнем дороги. В результате рассеивания вредных веществ в атмосфере их концентрации в воздушной среде снижаются до нормативных значений. Это особенно актуально при расположении тоннелей, особенно автодорожных, в районах плотной городской застройки, где жилые кварталы находятся в непосредственной близости от мест выброса загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Оценим влияние на атмосферный воздух удаляемого из тоннеля вентиляционного воздуха, содержащего оксид углерода. Источники выброса – вентиляционные шахты и порталы автодорожного тоннеля. В расчетах принята концентрация оксида углерода в удаляемом из тоннеля воздухе 60 мг/м^3 и расход воздуха Q = 200 м^3/с, выброс оксида углерода 12 г/с.

Расчет рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере был осуществлен с помощью программного комплекса УПРЗ «Эколог», версия 3.0. В процессе вычислений вентиляционные стволы моделировались «точечными» источниками с высотой, совпадающей с высотой вентиляционного ствола над поверхностью автодороги, а портал – «магистралью», имеющей длину, равную протяженности струи, истекающей из портала тоннеля.

Анализ расчетных данных (рис.4, 5) позволяет сделать следующие выводы:

- при удалении исходящей воздушной струи через порталы тоннеля концентрация оксида углерода в атмосфере только на расстоянии 350 м от портала достигает нормативной величины, при этом на удалении 50 м от портала концентрация оксида углерода превышает ПДК почти в 5 раз. Кроме того, концентрация оксида углерода в атмосферном воздухе практически не зависит от высоты над поверхностью дороги;
- при удалении из тоннеля исходящей воздушной струи через вентиляционный ствол высотой 5,5 м на расстоянии 50 м от портала тоннеля концентрация загрязняющих веществ не будет превышать нормативного значения на высоте от поверхности дороги до 30 м. Для достижения ПДК на высоте от поверхности дороги 2-10 м достаточно вентиляционного ствола высотой 4 м;
- при удалении охраняемых территорий от портала тоннеля на 100 м для снижения концентрации оксида углерода в атмосфере до нормативной величины достаточно вентиляционного ствола высотой 4,5 м.

Таким образом, использование вентиляционного ствола, расположенного вблизи портала тоннеля с исходящей вентиляционной струей, для удаления загрязненного воздуха позволяет существенно снизить экологическую нагрузку на атмосферу территорий, прилегающих к транспортным тоннелям.