

РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА БАСЕЙНЫ РЕК С УЧЕТОМ ОСАЖДЕНИЯ ИЗ АТМОСФЕРЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ

Счастливец Е.Л., Быков А.А., Юкина Н.И.

Институт вычислительных технологий СО РАН, Кемеровский филиал, г. Кемерово

Аннотация

Для выявления связи антропогенной нагрузки на бассейны рек с качеством воды в этих реках авторами предпринята попытка выявления основных причин антропогенного загрязнения речных бассейнов. В качестве примера рассмотрены бассейны рек Тарсьма и Касьма (Кемеровская область), для которых имеются данные о загрязненности воды с 1998 по 2017г. Количественно оценены основные антропогенные факторы, влияющие на загрязнение территории бассейнов. Проведен модельный расчет выпадения на территории бассейнов аэрозолей промышленного происхождения от внутренних и внешних по отношению к бассейнам источников загрязнения атмосферы. Проведено сравнение суммарной антропогенной нагрузки на бассейны с данными о загрязненности воды в рассматриваемых реках.

Ключевые слова: водные объекты, загрязнение воды, антропогенная нагрузка, выбросы в атмосферу, выпадение пылевых частиц.

Введение

Основными антропогенными источниками, влияющими на загрязнение воды в реках, являются прямые сбросы загрязняющих веществ (ЗВ) и неорганизованное поступление ЗВ в результате смыва с земной поверхности бассейнов. Прямые сбросы промышленных предприятий учитываются на государственном уровне. Неорганизованные сбросы есть следствие смыва загрязнений, которые попадают и накапливаются в снеговом и почвенном покрове бассейна в результате мелкомасштабного промышленного и сельскохозяйственного производства, а также хозяйственной деятельности людей, живущих в сельской местности на территории бассейна [1]. Кроме того, на территорию бассейнов происходит выпадение атмосферных примесей, выбрасываемых источниками загрязнения воздуха, расположенными как внутри, так и вне бассейна. Часть этих примесей смывается талыми и дождевыми водами в реку, часть проникает в почву и задерживается в ней достаточно долго.

Количественная оценка $P=F(r(Q),S,R,C) \cdot Q$ показателей загрязнения воды P в зависимости от неорганизованного сброса Q на территорию бассейна представляет собой весьма сложную задачу построения функции F , которая зависит от самого Q , его распределения $r(Q)$ по территории бассейна, типов почв S , рельефа R , климатических условий C и т.д. В настоящей работе построение функции F не рассматривается, а основной целью является учет основных составляющих, влияющих на территории бассейнов. Можно сказать, что предпринята попытка определения суммарной антропогенной нагрузки на бассейны, которая дает исходные данные $(Q, r(Q))$ для решения задачи по оценке поступления ЗВ с поверхности бассейна в реки.

Для примера рассмотрим две малые реки Тарсьма и Касьма со смежными бассейнами, расположенными в центральной части Кемеровской области. Оба этих водотока впадают в р.Иня и имеют схожие географические и климатические характеристики. Промышленных предприятий с прямыми сбросами на этих реках нет. Это позволяет предположить, что функция F для рассматриваемых рек примерно одинакова и, следо-

вательно, загрязнение P пропорционально неорганизованному сбросу Q . Попробуем суммарно оценить этот сброс и вклад в него выпадения из атмосферы.

1. Оценка антропогенной нагрузки на территории бассейнов

1.1. Сельское хозяйство

На рис. 1 показаны бассейны рек Тарсьма (1864 км²) и Касьма (1578 км²) и занимающие их участки сельскохозяйственного производства.

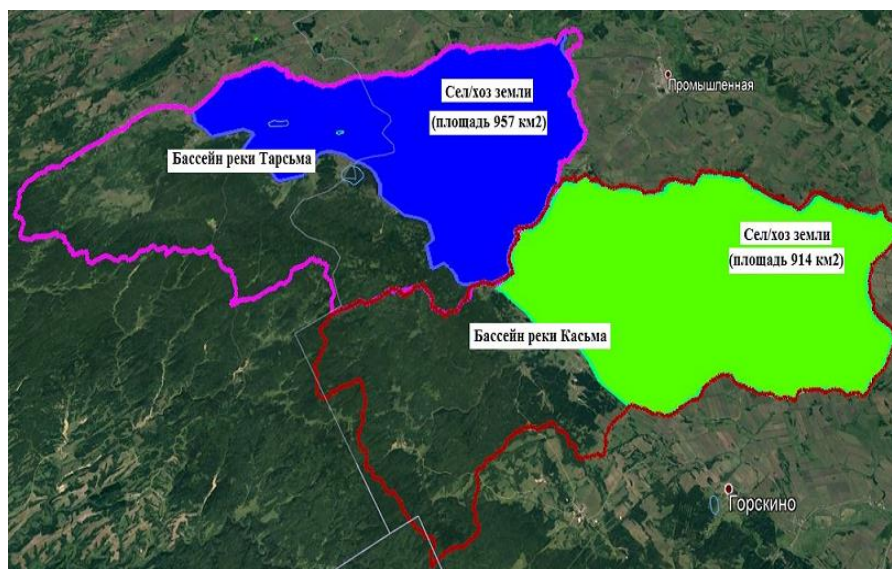


Рис. 1. Участки сельскохозяйственного производства, расположенные на территории бассейнов рек Тарсьма и Касьма

Основными процессами, являющимися причиной поступления химических веществ на сельскохозяйственные угодья, являются внесение удобрений и пестицидов.

Согласно нормам внесения удобрений, разработанным ВНИИУА им. Д.Н.Прянишникова [2], в почвы, тип которых преобладает в бассейнах рек Тарсьма и Касьма, на гектар пахотных земель приходится не менее 20 кг азотных, 30 кг фосфорных и 30 кг калийных удобрений. Тем самым можно оценить суммарное годовое поступление удобрений на территории бассейнов (см. таблицу 1).

В работе [3] рассчитана пестицидная нагрузка на гектар пашни Кемеровской области за период 2003 г по 2014 г, которая за последние 5 лет составила от 0,31 до 0,5 кг на гектар. Суммарное поступление пестицидов в бассейны рек исходя их среднего значения 0,4 кг/га приведено в таблице 1.

Таблица 1. Оценка поступления минеральных удобрений и пестицидов на участки пахотных земель в бассейнах рек Тарсьма и Касьма

Бассейн реки	Площадь с/х земель, км ²	Удобрения, т в год			Пестициды, т в год	Всего, т в год
		Азотные	Фосфатные	Калийные		
Тарсьма	957	1914	2871	2871	39	7695
Касьма	914	1828	2741	2741	37	7347

1.2. Населенные пункты

Основной функцией сельских поселений является обслуживание сельскохозяйственного производства, поэтому такие поселения располагаются вблизи сельскохозяйственных земель и образуют вместе с ними сельскую среду обитания. Чаще всего села размещаются по берегам рек, что и видно на рисунке 2 для бассейнов Тарсьмы и Касьмы. Ориентировочные поступления твердых бытовых отходов от сельских поселений можно количественно оценить на основе [4], согласно которому отходы из жилищ несортированные (исключая крупногабаритные) составляют 210 - 225 кг на 1 чел/год, а мусор от бытовых помещений несортированный – 40 – 70 кг на 1 чел/год. В таблице 2 приведена ориентировочная оценка поступления на территории бассейнов твердых отходов от сельских поселений.

Таблица 2. Оценка поступления на территории бассейнов твердых отходов от сельских поселений

Бассейн реки	Число поселений	Суммарное население, чел	Отходы, т в год		
			из жилищ,	Из бытовых помещений	В сумме
Тарсьма	21	9623	2177	529	2706
Касьма	20	9426	2074	519	2593

Естественно, эти отходы не попадают напрямую в водоемы, но загрязняющие вещества частично смываются в реки осадками. Не исключена и фильтрация через почву, поскольку сельские поселения находятся в непосредственной близости к водоемам.

1.3. Выпадение промышленных выбросов из атмосферы

Весьма значимым источником загрязнения земной поверхности, в том числе и бассейнов рек, является выпадение промышленных выбросов из атмосферы. Причем загрязнение почвы может быть результатом действия источников, расположенными на значительном удалении от бассейна, особенно от высоких источников и промышленных взрывов.

Вклад выпадения аэрозолей из атмосферы в суммарное загрязнение бассейнов рек Тарсьма и Касьма оценен с применением долгосрочной модели расчета выпадения на подстилающую поверхность [4]. Модель и встроена в состав программного комплекса «ЭРА-ВОЗДУХ» (www.lpp.ru) широко используемого для проектных работ в Сибирском регионе. Это позволяет использовать накопленные в форматах комплекса нормативные исходные данные по источникам выбросов для научных исследований. В частности, информация для данного расчета взята из материалов сводных томов ПДВ г. Ленинск-Кузнецкий, Белово и Промышленная. Всего в исходных данных по этим городам учтены 2150 источников, выбрасывающих в атмосферу 56 загрязняющих веществ. Города Гурьевск и Салаир ориентировочно заданы площадными источниками с суммарными годовыми выбросами, взятыми по данным [5]. К источникам, расположенным в городах, добавлены агрегированные источники печного отопления населенных пунктов, расположенных на территории бассейнов. Общий выброс по всем источникам составляет (в тыс. тонн в год): твердых частиц 33; соединений азота 17; соединений серы 25. Выбросы пылевых частиц разбиты по фракционному составу в соответствие с классификацией, предложенной в [4]. Скорость осаждения газообразных веществ (диоксид азота, диоксид серы) взята как для частиц размером менее 1 мкм.

Изолинии выпадения суммы всех пылевых частиц показаны на рис. 2. Видно, что области со значительным выпадением частиц из атмосферы (более 5 г/м²) расположены в непосредственной близости от источников выброса.

Программа «ЭРА-ВОЗДУХ» позволяет рассчитать интеграл выпадения частиц по произвольному полигону, что использовано для определения суммарного поступления примесей из атмосферы в бассейны рек Тарсьма и Касьма. Результаты для промышленной пыли, сульфатов и нитратов представлены в таблице 3.

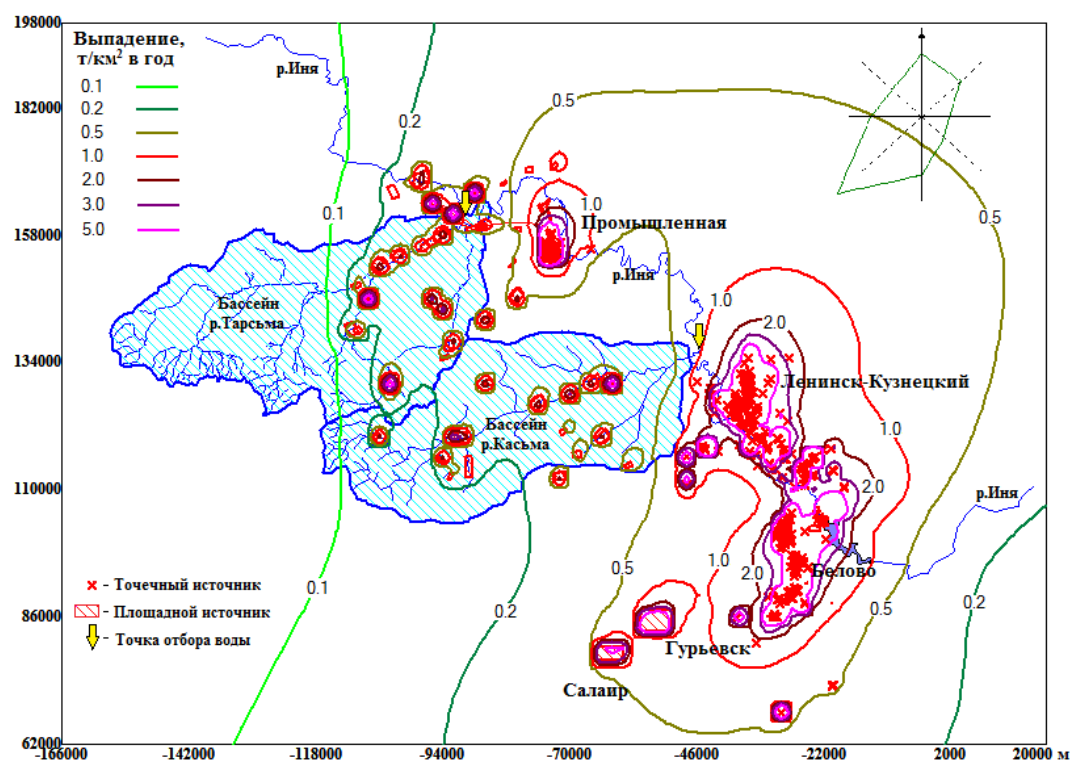


Рис. 2. Изолинии выпадения промышленной пыли, содержащейся в атмосферных выбросах ближайших городов и населенных пунктов, расположенных в бассейнах рек Тарсьма и Касьма

Таблица 3. Интегральное выпадение промышленной пыли, сульфатов и нитратов на поверхность бассейнов

Река	Площадь бассейна, км ²	Суммарное выпадение на территорию бассейна, т в год			
		Пыль	Сульфаты	Нитраты	Всего
Тарсьма	1864	486	85	115	686
Касьма	1578	646	112	169	927

2. Сравнение антропогенной нагрузки с загрязнением воды

Авторами обобщены все данные о загрязнении воды в устьях рек Тарсьма и Касьма с 1998 по 2017 года, полученные по литературным данным и в результате собственных экспедиционных исследований (2014–2017 гг.). По результатам анализов 14-и ингредиентов построен обобщенный ассоциативный показатель (АП) [7], который равен сумме концентраций всех веществ, деленных на соответствующие предельно допустимые концентрации. Для рек Тарсьма и Касьма он получился соответственно 5,1 и 6,2. В таблице 4 по всем четырем рассмотренным источникам воздействия (и суммарно) представлен абсолютные (т в год) антропогенные нагрузка Q_j ($j=1,..,4$) и относи-

тельные величины Q_j/Q_{jmax} . Видно, что по удобрениям, пестицидам и отходам жизнеобеспечения населения бассейны практически не отличаются, что не удивительно, поскольку по площади пахотных земель и населению бассейны практически идентичны. Заметное отличие наблюдается только в плане выпадения промышленных выбросов из атмосферы, где бассейн Касьмы (особенно восточная часть) испытывает заметно большую пылевую нагрузку в связи с меньшим удалением от промышленных городов. Причем именно выпадение хорошо коррелирует с ассоциативным показателем загрязнения воды в рассмотренных реках. Является ли это случайным совпадением или нет, предстоит выяснить при более детальном изучении процессов смыва загрязняющих веществ с территории бассейнов в реки.

Таблица 4. Результаты исследований

Река	Антропогенная нагрузка Q_j , тонн в год (Q_j/Q_{jmax})					АП
	Удобрения	Пестициды	Население	Выпадение	Сумма	
Тарсьма	7695 (1,00)	39 (1,00)	2706(1,00)	686 (0,74)	11126 (1,00)	5,1 (0,82)
Касьма	7347 (0,95)	37 (0,94)	2593(0,96)	927 (1,00)	10904 (0,98)	6,2 (1,00)

Заключение

На примере рек Тарсьма и Касьма, протекающих в центральной части Кемеровской области, авторами проведена количественная оценка основных антропогенных факторов, влияющие на загрязнение поверхности бассейнов. В состав этих факторов включен расчет выпадения на бассейны аэрозолей промышленного происхождения от внутренних и внешних источников загрязнения атмосферы. Проведено сравнение суммарной антропогенной нагрузки на бассейны с данными о загрязненности воды в рассматриваемых реках. В результате получилось, что выпадение промышленной пыли из атмосферы хорошо коррелирует с ассоциативным показателем загрязнения воды в рассмотренных реках.

Литература

1. Денмухаметов Р.Р. Влияние антропогенного фактора на сток растворенных веществ малых равнинных рек мира // Междунар.научно-практ. конф. по актуальным проблемам и современному состоянию малых рек. Тольятти, 2001. С. 112-114.
2. Метод определения оптимальных доз удобрения (часть 2). <http://agrohimija24.ru/sistemy-udobreniya/1172-metod-opredeleniya-optimalnyh-doz-udobreniya-chast-2.html> (Дата обращения 20.06.2014).
3. Кожевников Н.В., Заушинцева А.В. Анализ применения пестицидов в Кемеровской области // Вестник Кемеровского государственного университета. 2015. № 4 (64). Т. 3. С. 35-41.
4. СанПиН 2.1.7.1322-03. Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления.
5. Доклад. Состояние окружающей природной среды Кемеровской области в 1999 году. Кемерово, 2000.
6. Быков А.А., Счастливец Е.Л., Пушкин С.Г. Особенности построения и практического применения локальной модели загрязнений почвы техногенными выбросами пылевых частиц // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2007. № 4. С. 74-82.
7. Оценка техногенной нагрузки на бассейны рек горнодобывающего района в южной части Кузбасса / Е.Л. Счастливец, А.А. Быков, Н.И. Юкина, С.Г. Пушкин // Гео-

УДК 332.14

КОНЦЕПЦИЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ГОРОДА – МИЛЛИОННИКА В ЖИВУЧИЙ И УМНЫЙ МУНИЦИПАЛИТЕТ

Тимашев С.А., Бушинская А.В., Полуян Л.В.
Научно-инженерный центр «Надежность и безопасность больших систем и машин»
Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург
Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург

Аннотация

Концепция разработана первым автором [1,2] и основана на использовании конвергентной технологии MAICS (Digital Computing Mechanics and Design, Artificial Intelligence (AI), Information Theory (IT), Cognitive and Social Sciences) (Цифровой вычислительной механики и дизайна, искусственного интеллекта (ИИ), информационной теории (ИТ), когнитивных и социальных наук) [3] для создания универсального многоцелевого инструмента оптимизации управления рисками на основе живучести городской инфраструктуры и горожан, живущих и работающих в обычных и экстремальных условиях.

Введение

В концепции используются четыре новых обобщенных критерия оптимизации: 1) структурная и системная живучесть; 2) региональная (муниципальная) продолжительность жизни в добром здравии [4,5]; 3) региональный индекс качества жизни РИКЖ; и 4) два типа региональной/муниципальной энтропии: созидания (организации) и хаоса (разрушения).

Предполагается, что эти четыре объединяющих критерия оптимизации охватывают все основные области благосостояния современных и будущих сообществ живучих и умных городов. Более того, эти интегральные критерии позволяют свернуть многомерную, мультидисциплинарную и гетерогенную проблему региональной живучести, стратегической готовности и риска в (квази)одномерную проблему.

Основой этого исследования является следующая рабочая гипотеза: система систем (СС) взаимозависимых критических инфраструктур (ВКИ) городской среды может рассматриваться как посредник между природной средой и потребностями современного общества. Городские сети ВКИ также являются основным источником социально-технологических рисков города. Точечный отказ в любом месте ВКИ может быстро распространяться по городу с широким воздействием на горожан и окружающую среду [1,2,6]. Следовательно, живучесть городских ВКИ может использоваться как одна из обобщенных независимых переменных устойчивости города, поскольку она позволяет количественно связывать материальные объекты с нематериальными. В то же время она вскрывает границы этой количественной связи, за пределами которых отношения становятся слишком нечеткими [7] и неопределенными. Следовательно, управление сложным городским риском может быть сведено (в первом приближении) к