

ВОЗМОЖНЫЕ СПОСОБЫ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В РАЙОНЕ Г. КРАСНОЯРСКА И Г. ОМСКА

В. А. Фадеев, кандидат технических наук,
старший научный сотрудник, Федеральное
государственное унитарное предприятие
«Государственный научно-исследовательский
институт авиационных систем»,
fadeevwa@yandex.ru,

Б. И. Кочуров, доктор географических наук,
профессор, ведущий научный сотрудник,
Институт географии РАН,
samertonmagazin@mail.ru,

И. К. Ермолаев, кандидат технических наук,
старший научный сотрудник, Институт
ядерной физики МГУ им. М. В. Ломоносова,
ermolaev19@yandex.ru

Рассмотрены возможные способы улучшения экологической обстановки в г. Красноярске и его окрестностях путем создания направленных потоков воздуха, дующих вдоль р. Енисей. Представлены пути частичного изменения направления воздушных потоков, дующих над водохранилищем Красноярской ГЭС, с помощью: направленных, раздвижных экранов, установленных над плотиной; террасных насаждений деревьев вдоль берегов р. Енисей; расположенных недалеко от города искусственных воздушных потоков, создающих подсос и движение воздушных масс вдоль р. Енисей. Приведены возможные способы по уменьшению полыньи на р. Иртыш и снижению туманов над окрестностями г. Омска.

Some possible ways for the improvement of the ecological situation in Krasnoyarsk and its vicinities by the creation of the directed streams of air blowing along the Yenisei River are considered. The article presents the ways of partial change of the direction of the air streams blowing over the reservoir of the Krasnoyarsk Hydroelectric Power Station with the help of the directed, sliding screens installed over a dam; of terrace plantings of trees along the bank of the Yenisei River; of the artificial air streams located near the city creating a suction and the movement of air masses along the Yenisei River. The possible ways for the reduction of the ice-hole are given in the Irtysh River and to decrease in fogs over the neighbourhood of the city of Omsk.

Ключевые слова: экологическая обстановка, направленные воздушные потоки, незамерзающая река.

Keywords: an ecological situation, the directed air streams, the nonfreezing river.

Загрязнение воздуха в г. Красноярске и его окрестностях связаны, как с выбросами крупных городских предприятий алюминиевой и угольной промышленности, так и наличием повышенной влажности из-за частых туманов и смога над городом после строительства Красноярской ГЭС [1]. Повышенная влажность в городе позволяет вредным веществам быстрее проникать в легкие жителей города. К середине дня, когда начинается движение воздуха вдоль р. Енисей, туман постепенно рассеивается.

Усиление движения воздуха связано с его поступлением со стороны Красноярской ГЭС. Высота плотины Красноярской ГЭС — 124 м, длина попереху — 1065 м, максимальная глубина воды в водохранилище — 105 м [2]. Верхний бьеф плотины расположен на высоте 243 м над уровнем моря, а нижний бьеф — на высоте $141,7 \div 152,5$ м над уровнем моря. Сам г. Красноярск находится на высоте 140 м над уровнем моря. Перепад высот от нижнего створа плотины до г. Красноярска — $1,7 \div 12,2$ м при расстоянии до города по прямой — 31 км, по р. Енисей — 48,8 км.

Ветер (воздух),двигающийся по Красноярскому водохранилищу, за ГЭС не сразу опускается к руслу р. Енисей. Внизу, за плотиной, возникает застойная зона закрученного воздуха. Ветер проходит над рекой, ударяется о левобережные скалы на расстоянии $\sim 7 \div 8$ км от ГЭС, где р. Енисей делает поворот, изменяет направление и движется вниз над руслом реки. Из-за естественной преграды происходит поворот движущейся воздушной массы, снижение ее скорости, а небольшой перепад высот до города ($1,7 \div 12,5$ м) не способствует значительному увеличению скорости ветра.

По данным метеонаблюдений, по временам года средняя скорость ветра на высоте 10 м в районе г. Дивногорска и г. Красноярска представлена в табл. 1.

Максимальная скорость ветра была зафиксирована в г. Дивногорске — 21 м/с; в г. Красноярске — 24 м/с. Основное направление ветра в черте г. Красноярска — юго-западное.

Рассеивание тумана или смога в черте города будет происходить при увеличении скорости движения воздушных масс (ветра) при подходе к городу и в самом городе. При этом:

1. Для увеличения скорости движения воздушных масс вдоль р. Енисей часть воздуха над плотиной необходимо направить вниз с помощью ряда направляющих, растягивающихся и со-

Таблица

Скорость ветра м/с в городах	Средняя на высоте 10 м	Зима	Весна	Лето	Осень
Дивногорск	1,4	1,7	1,5	0,9	1,4
Красноярск	2,1	1,8	2,4	1,9	2,2

бирающихся экранов (типа штор) над всей шириной и по всей длине плотины. Экраны устанавливаются над верхним бьефом плотины на высоте 15—20 м под углом $\sim 30^\circ$, длиной 25—35 м и шириной, равной ширине плотины. Экраны могут быть изогнутыми с углом при вершине ($120^\circ \div 150^\circ$). Большая парусность экранов будет давать серьезные нагрузки на каркасные сооружения. Материалом для экранов может служить водонепроницаемая, плотная армированная ткань. Она легко разворачивается и складывается при движении по направляющим каркаса экрана.

Часть воздуха (ветра), двигающегося вдоль водохранилища, у плотины, натекая на направляющие экраны, опускается сверху вниз. Она может разрушить застойную зону, обеспечит подсос выше лежащих верхних слоев, и создаст условия для движения воздушных масс вниз вдоль русла реки. При таком движении воздушных масс сверху вниз к руслу реки могут понизиться турбулентные завихрения и их сопротивление. Так как перепад высот от нижнего бьефа плотины до г. Красноярска небольшой — $1,7 \div 12,2$ м, приток дополнительно движущегося сверху воздуха повысит скорость движения воздушных масс (скорость ветра) вниз вдоль русла реки.

На расстоянии ~ 7 км от Красноярской ГЭС река Енисей делает изгиб, что приведет к потерям скорости воздушных масс (ветра), движущихся над поверхностью реки.

2. Для снижения потерь скорости воздушного потока, движущегося вдоль реки, желательно сделать по берегам плавные закругления из посаженных деревьев (ель, пихта и др.) — террасами по левому и правому берегам р. Енисей. Деревья необходимо сажать за 500—600 м до начала поворота и на такое же расстояние после поворота вверх по склонам, начиная с уровня максимального подъема воды при паводке. Высота посадок террасами должна быть не менее $200 \div 300$ м над уровнем поверхности воды. Деревья позволят уменьшить потери скорости воздушного потока, движущегося над рекой. Можно также устанавливать многоуровневые закругленные экраны вдоль берегов реки, но это будет не очень эстетично.

Воздушные массы, плавно повернув, устремятся к городу, вдоль водной поверхности р. Енисей, ширина которого колеблется от 500 до 700 м.

Сужение берегов реки приводит к ускорению движущихся воздушных масс вниз по течению

р. Енисей. Вниз по течению по берегам реки в узких местах желательно сделать многоярусные посадки на участках длиной 200—500 м и по высоте — 200—400 м, что будет способствовать увеличению скорости движения воздушных масс (скорости ветра).

3. Для снижения тумана и смога в г. Красноярске надо ускорить движение воздуха вдоль р. Енисей, создавая искусственные воздушные потоки до города. Чтобы заставить интенсивнее двигаться воздушные массы, можно на расстоянии 5—10 км от города вверх по реке установить поперек реки на самоходных баржах через каждые 50—75 м параллельно друг другу списанные турбо-реактивные авиационные двигатели, периодически включая их. Струя, вытекающая из сопла диаметром $\sim 0,9$ м со скоростью ~ 600 м/с, может распространяться на $10 \div 35$ км [3]. На начальном участке струя имеет вид полусферы, достигая максимальной ширины $25 \div 44$ м на расстоянии ~ 10 км. Струя истекающих газов подсасывает часть воздуха с туманом, интенсивно перемешиваясь с ними, и уносит все дальше вниз по течению реки за город.

Можно располагать двигатели горизонтально на берегу реки друг за другом на расстоянии 50—100 м один от другого вниз по течению под углом $10 \div 15^\circ$ к оси реки. Двигатели необходимо ставить по обоим берегам реки. Вместо двигателей можно располагать мощные вентиляторы на обоих берегах реки на высоте выше максимального паводкового уровня воды под углом $10 \div 15^\circ$ к оси реки и наклоном $5—10^\circ$ к горизонту (водной поверхности). Длина лопастей у вентиляторов должна быть не менее 3 м. Вентиляторы желательно располагать ближе к городу. Можно вместо вентиляторов использовать списанные турбо-винтовые авиационные двигатели, периодически включая их.

4. Высокая турбулентность воды после нижнего бьефа Красноярской ГЭС приводит к интенсивному смешиванию теплой воды из нижнего забора с холодными водами, что влечет за собой увеличение испарения, появления тумана над рекой при низкой скорости течения, образование льдины, незамерзающей зимой, вдоль русла р. Енисей [4]. Все это отрицательно сказывается на экологии города.

Для снижения испарения и уменьшения интенсивности перемешивания нужно снизить завихрения потоков движущейся воды вдоль русла реки, стабилизировать течение, разбив поток на струи с помощью нескольких рядов успокоителей. Успокоители должны уменьшить турбулентность движущегося потока воды и ламинировать течение. Успокоители могут быть в виде сетчатого ограждения (сетчатых коробов рамного

типа) с размером ячеек $40 \times 40 \text{ см}^2$. Материалом могут служить капроновые веревки. Успокоители устанавливаются поперек русла реки с обеих берегов до барж, расположенных на середине реки, оставляя открытым фарватер для прохождения судов. В зимнее время успокоители можно устанавливать поперек реки. Вниз по течению реки до города должно быть установлено несколько рядов успокоителей.

5. В последние годы причиной утренних туманов и повышенной влажности зимой в г. Омске стала загадочная полынья на р. Иртыш длиной ~300 м в районе Ленинградского моста через реку [5].

По заявлению первого вице-председателя кабинета министров Валерия Бойко «незамораживающая полынья на реке не представляет вреда здоровью людей, но зато испарением вносит свою лепту в образование туманных явлений, тем более в непосредственной близости от аэропорта».

После ряда совещаний и проверок Минприроды правительство Омской области исключает влияние сбросов химических загрязнений, мешающих образованию льда за мостом; констатирует, что превышение ПДК вредных веществ в реке и самой полынье не обнаружено; исключает влияние промышленных стоков из известных водовыпускных коллекторов на р. Иртыш выше полыньи; приводит ссылки, связанные со сложными условиями и сильным течением в черте города.

Городские власти назвали окончательной версией аномалии «гидрологические процессы на реке по принципу турбулентности»; гигантскую полынью создают завихрения водных потоков

р. Иртыш вокруг столбов Ленинградского моста (длина моста — 653 м, число пролетов — 8, ширина реки ~600 м при глубине 6—15 м).

Завихрения воды в реке связаны не только со стоящими опорами моста, но и с изменением дна реки после взятия гальки со дна р. Иртыш на нужды города. Одновременно снизился и уровень воды в р. Иртыш, так как часть воды стала уходить сквозь земляное дно вниз. Увеличился размыв дна, повысились завихрения нижних водных потоков в воронках и увеличилось замутнение воды. Все это снижает возможность замерзания полыньи.

По нашему мнению, необходимо засыпать дно р. Иртыша за мостом, где располагается полынья, галькой или дробленным камнем. Каменное дно снизит размыв грунта; уменьшит просачивание воды вниз; частично выровняет дно реки, уменьшит завихрения нижних водных слоев; уменьшит подъем замутненных слоев воды к поверхности реки; снизит турбулентность восходящих со дна водных потоков и стабилизирует течение в русле реки.

За опорами моста в реке необходимо установить устройства, снижающие завихрения за опорами и стабилизирующие течение, в виде направляющих, подводных экранов, рамовых каркасных устройств с крупными ячейками размером не менее $40 \times 40 \text{ см}^2$ из капроновых веревок рядами друг за другом поперек течения с расстоянием между рядами $50 \div 70 \text{ м}$ и т. п.

Для оценки возможности реализации данных предложений необходимо провести моделирование и всестороннюю оценку полученных результатов.

Библиографический список

1. Крупко Т. Экология в Красноярске // Сибирский дом. — № 6 (148). — 2016.
2. Вышегородцев А. А., Косманов И. В., Ануфриева Т. Н., Кузнецова О. А. «Красноярское водохранилище». Новосибирск: Наука, 2005. — 212 с.
3. Fadeev V. A., Sharapov V. I. Mathematical modeling and experimental working off of methods of decrease in gas contamination of a ground layer of the atmosphere around the airport. *Messenger of computer and information technologies*. 2012. № 7. — С. 21—26.
4. Михайлов В. И., Добровольский А. Д., Добролюбов С. А. Гидрология. — 2-е изд. исп. — М. — Высшая школа, 2007. — 463 с.
5. Пантелеев А. Аномальная полынья в центре г. Омска // Информагентство «Омск Регион». 7 февраля 2018 г.

POSSIBLE WAYS OF THE IMPROVEMENT OF THE ECOLOGICAL SITUATION NEAR KRASNOYARSK AND OMSK

V. A. Fadeev, Ph. D. (Engineering), Senior Researcher, Federal State Unitary Enterprise "State Research Institute of Aviation Systems", fadeevwa@yandex.ru,

B. I. Kochurov, Ph. D. (Geography), Dr. Habil., Professor, Institute of Geography of the RAS, camertonmagazin@mail.ru,

I. K. Ermolaev, Ph. D. (Engineering), Senior Researcher, Institute of Nuclear Physics, Lomonosov Moscow State University, ermolaev19@yandex.ru

References

1. Krupko T. Ecology in Krasnoyarsk. *Zhurn. "The Siberian house"* No. 6 (148), 2016. [in Russian]
2. Vyshegorodtsev A. A., Kosmanov I. V., Anufriyeva T. N., Kuznetsova O. A. "The Krasnoyarsk reservoir". Novosibirsk: Nauka, 2005. — 212 p. [in Russian]
3. Fadeev V. A., Sharapov V. I. Mathematical modeling and experimental working off of methods of decrease in gas contamination of a ground layer of the atmosphere around the airport. *Messenger of computer and information technologies*. 2012; No. 7; P. 21—26 [in Russian]
4. Mikhaylov V. I., Dobrovolsky A. D., Dobrolyubov S. A. Hydrology. 2nd ed. improved. Moscow, Vysshaya Shkola. 2007, 463 p. [in Russian]
5. Panteleev A. An abnormal ice-hole in the center of Omsk. News agency "Omsk Region", February 7, 2018 [in Russian]