

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

УДК 628.162.82

DOI: 10.31675/1607-1859-2018-20-5-174-184

В.В. ДЗЮБО, Л.И. АЛФЕРОВА,

Томский государственный архитектурно-строительный университет

РАСЧЕТ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВОДООЧИСТНЫХ ФИЛЬТРОВ РАДИАЛЬНОГО ТИПА

В радиальных водоочистных фильтрах реализуются технологии фильтрования в режиме убывающих или нарастающих скоростей движения очищаемого потока в фильтрующем материале в зависимости от направления фильтрования. Конструктивное оформление радиальных фильтров позволяет реализовать различные варианты направления фильтрования, снижение или увеличение скорости фильтрования, что позволяет максимально использовать грязеемкость фильтрующей загрузки водоочистных фильтров. Приведены основные уравнения для расчета технологических и конструктивных параметров водоочистных фильтров, предназначенных для подготовки подземных железосодержащих вод, а также методика инженерного расчета радиальных фильтров с убывающей скоростью фильтрования.

Ключевые слова: водоочистные фильтры; технологические параметры фильтров; радиальные водоочистные фильтры; грязеемкость фильтров; расчетные параметры фильтров; порядок расчета фильтров; конструктивные параметры фильтров.

Для цитирования: Дзюбо В.В., Алферова Л.И. Расчет и конструктивные параметры водоочистных фильтров радиального типа // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. Т. 20. № 5. С. 174–184.

V.V. DZYUBO, L.I. ALFEROVA,

Tomsk State University of Architecture and Building

DESIGN AND PARAMETERS OF WATER-PURIFYING RADIAL FILTERS

In radial water treatment filters technologies of filtering in the mode of the decreasing or increasing speeds of the movement of the cleared stream in the filtering material depending on the direction of filtering are realized. Constructive registration of radial filters allows to realize various options of the direction of filtering, decrease or increase in speed of filtering that allows to use as much as possible contaminant capacity of the filtering loading of water treatment filters. The main equations for calculation of technological and design data of the water

treatment filters intended for preparation of underground waters, and also a technique of engineering calculation of radial filters with the decreasing filtering speed are given.

Keywords: water treatment filters; technological parameters of filters; radial water treatment filters; contaminant capacity of filters; calculated parameters of filters; procedure of payments of filters; design data of filters.

For citation: Dzyubo V.V., Alferova L.I. Raschet i konstruktivnye parametry vodoochistnykh fil'trov radial'nogo tipa [Design and parameters of water-purifying radial filters]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2018. V. 20. No. 5. Pp. 174–184.

В работах [1–3] показано, что гранулометрические характеристики фильтрующих материалов, применяемых в технологиях водоподготовки, должны определенным образом соответствовать назначаемым технологическим и конструктивным параметрам водоочистных фильтров для достижения оптимальных условий их работы (требуемое качество получаемой воды, максимально возможная грязеемкость, минимальные эксплуатационные затраты и т. д.). Например, при очистке подземных вод увеличение скорости фильтрования или содержания примесей в обрабатываемой воде требует увеличения высоты слоя фильтрующего материала для достижения требуемого¹ качества получаемой воды, а, с другой стороны, увеличение крупности применяемого фильтрующего материала требует либо снижения скорости фильтрования, либо увеличения высоты слоя материала [4].

На основании обработки результатов исследований, проведенных в различных районах Западной Сибири, получены основные расчетные уравнения [5, 6] для определения высоты слоя фильтрующего материала в зависимости от его гранулометрического состава и качества очищаемой воды. При этом получены уравнения для фильтров, работающих с постоянной скоростью фильтрования, и для фильтров, работающих с непрерывно уменьшающейся скоростью фильтрования (радиальное [7] фильтрование).

Для фильтров, работающих с постоянной скоростью фильтрования, требуемое соответствие между качеством обрабатываемой воды, технологическими параметрами работы фильтров и характеристиками фильтрующего материала учтено в уравнении для расчета требуемой высоты слоя H_3^n , м, фильтрующего материала

$$H_3^n = \frac{\left(C_{\text{исх}}^{\text{Fe}^{2+}}\right)^{1,66} \cdot v_{\text{ф}}^{1,12}}{a^{0,11} \cdot \text{pH}^{0,92} \cdot T^{1,02}} = \frac{C_0^{1,66} \cdot v_{\text{ф}}^{1,12}}{a^{0,11} \cdot \text{pH}^{0,92} \cdot T^{1,02}}, \quad (1)$$

где $C_{\text{исх}}^{\text{Fe}^{2+}} = C_0$ – содержание железа в исходной воде, мг/л; $v_{\text{ф}}$ – скорость фильтрования, м/ч; $a = 6\alpha(1 - n_0) / d_3$ – параметр, учитывающий гранулометрические характеристики фильтрующего материала; α – коэффициент формы зерен материала; d_3 – эквивалентный диаметр зерна материала, мм; n_0 – пори-

¹ СанПиН 2.1.4.1074–01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России. 2002. 103 с.

стость плотно лежащей загрузки; pH – величина pH исходной воды; T – температура обрабатываемой воды, °C.

Сравнение расчетных данных по уравнению (1) и результатов экспериментальных исследований, полученных в различных районах Западно-Сибирского региона, позволили авторам прийти к выводу: введенный параметр $C_{исх}^{Fe^{2+}} = C_0$ для расчета высоты слоя загрузки является гарантирующим удаление марганца (Mn^{2+}) до требуемого норматива в пределах его наиболее распространенного содержания в подземных водах региона в интервале 0,1–0,5 мг/л [8].

Для радиальных фильтров, работающих с непрерывно снижающейся скоростью фильтрования, аналогичное по назначению уравнение (1) имеет вид

$$H_{з(r)} = \frac{C_0^{1,33} \left[v_{\phi(вх)} / v_{\phi(вых)} \right]^{1,14}}{\Omega^{1,06} \cdot a^{0,14} \cdot pH^{0,93} \cdot T^{1,04}}, \quad (2)$$

где $H_{з(r)}$ – «высота» слоя загрузки по радиусу фильтра, м; $v_{\phi(вх)}$, $v_{\phi(вых)}$ – скорость фильтрования на входе и выходе, м/ч; Ω – толщина слоя загрузки в фильтре, м [9].

В практике водоочистки продолжительность защитного действия фильтрующей загрузки принято оценивать по качеству получаемого фильтрата либо по приросту потерь напора до исчерпания располагаемого напора (для открытых фильтров). Однако при напорном фильтровании подземных вод превалирующим фактором является качество получаемого фильтрата, при ухудшении качества которого принято считать, что грязеемкость фильтра исчерпана и его необходимо выводить на регенерацию (промывку). Продолжительность защитного действия фильтрующей загрузки при очистке подземных вод зависит как от качества последних, так и от параметров работы фильтра и характеристик фильтрующей загрузки.

Для режимов фильтрования подземных вод с постоянной и непрерывно снижающейся скоростью (радиальное фильтрование) фильтрования получены [5, 6] и апробированы уравнения для расчета продолжительности защитного действия фильтрующей загрузки, $t_{\phi(з)}^n$, $t_{\phi(з)}^{yb}$, сут, которые могут использоваться для расчета грязеемкости фильтров.

Уравнения имеют вид:

– для режима фильтрования с постоянной скоростью

$$t_{\phi(з)}^n = \left(\frac{C_0}{C_{вых}} \right)^{-1,36} \frac{1,12 \cdot 10^3 (H_3^n)^{1,86}}{a^{0,12} \cdot v_{\phi}^{1,24}} pH^{0,12} \cdot T^{0,11}, \quad (3)$$

где C_0 , $C_{вых}$ – содержание железа в исходной и в очищенной воде, мг/л;

– для радиального фильтрования с непрерывно снижающейся скоростью

$$t_{з}^{yb} = \left(\frac{C_0}{C_{вых}} \right)^{-0,98} \frac{1,26 \cdot 10^2 \cdot H_{з(r)}^{1,94}}{a^{0,11} \left(\frac{v_{\phi(вх)}}{v_{\phi(вых)}} \right)^{0,16}} pH^{0,14} \cdot T^{0,12}. \quad (4)$$

Преимущества технологии радиального фильтрования при обработке подземных вод, вариантное технологическое и конструктивное его оформление подробно приведены в работах [7, 9, 10]. В задачу настоящей работы входило выполнение анализа уравнений для расчета продолжительности защитного действия фильтрующей загрузки в радиальных фильтрах (4), оценка грязеемкости радиальных фильтров и ее сопоставление с грязеемкостью обычных фильтров при очистке подземных вод. Кроме того, оценивалась степень влияния различных технологических параметров фильтрующей загрузки при радиальном фильтровании на величину ее грязеемкости в зависимости от качества очищаемых подземных вод.

Авторами был выполнен расчетный анализ уравнения (4) на предмет его упрощения для инженерных расчетов при проектировании и конструировании фильтровальных сооружений и выявления возможной величины ошибки вследствие упрощения.

Упрощенное уравнение имеет вид

$$t_3^{yb} = \frac{C_{\text{вых}}}{C_0} \frac{1,26 \cdot 10^2 \cdot H_{3(r)}^{1,94}}{a^{0,11} \left(\frac{v_{\phi(\text{вх})}}{v_{\phi(\text{вых})}} \right)^{0,16}} \text{pH}^{0,14} \cdot T^{0,12}. \quad (5)$$

Расчеты показали, что упрощенное уравнение (5) дает не более 0,5%-е отклонение по конечному результату в сравнении с уравнением (4). По мнению авторов, такое отклонение является вполне удовлетворительным для инженерных расчетов конструктивных параметров и эксплуатационных характеристик фильтров, предназначенных для очистки подземных вод.

При изучении работы различных фильтрующих материалов с разными гранулометрическими характеристиками при разных скоростях фильтрования воды было отмечено, что слой материала не всегда работает полной высотой, а в отдельных случаях принятая высота слоя не всегда позволяет достигать требуемого качества очищенной воды при определенной крупности фракций материала. Иными словами, при определенных соотношениях скорости фильтрования (фильтрование «сверху вниз») и крупности фракций материала соответствующее нормам (СанПиН 2.1.4.1074–01) качество воды достигалось на разной глубине материала, что подтверждалось анализом отбираемых проб воды по высоте слоя фильтрующего материала в фильтре [11].

Проведенные исследования позволили прийти к выводу, что высота слоя фильтрующего материала с определенными гранулометрическими характеристиками является доминирующим параметром, который необходимо корректно учитывать при конструировании фильтровальных сооружений.

Подробные результаты экспериментальных исследований данного параметра фильтровальных сооружений, предназначенных для очистки подземных вод, были изложены авторами в работе [12].

Анализ полученных уравнений (3) – (5) говорит о том, что параметр $H_{3(r)}$ для фильтровальных сооружений при очистке подземных вод является доминирующим по сравнению с остальными параметрами, входящими в расчетные уравнения. Для обычных фильтров, работающих с постоянной скоро-

стью фильтрования, вторым параметром по степени влияния на конечный результат является скорость фильтрования (3).

Показатель $H_{3(r)}$ также является определяющим по сравнению с другими параметрами, учтенными при расчете эксплуатационного параметра – продолжительности защитного действия фильтрующей загрузки t_3^{yb} . От величины t_3^{yb} напрямую зависит параметр, определяющий не только эксплуатационные качества фильтровальных сооружений, но и экономические – грязеемкость фильтра [6]. Отличительным в расчетах радиальных фильтров является пока-

затель, учитывающий соотношение скоростей фильтрования $\left(\frac{v_{\phi(вх)}}{v_{\phi(вых)}} \right)$, который по степени влияния на конечный результат следует за параметром $H_{3(r)}$ и требует корректного назначения при проектировании и конструировании фильтров.

На рис. 1 приведен пример зависимости продолжительности защитного действия загрузки от назначаемого параметра $H_{3(r)}$ при очистке подземных вод, характеризующихся содержанием железа 3 мг/л; рН = 6,0; $T = 6,5^\circ\text{C}$ до нормативного качества на радиальных фильтрах, загруженных альбитофиром с крупностью фракции 1,5 мм с переменной скоростью фильтрования от 25 м/ч на входе до 5 м/ч на выходе.

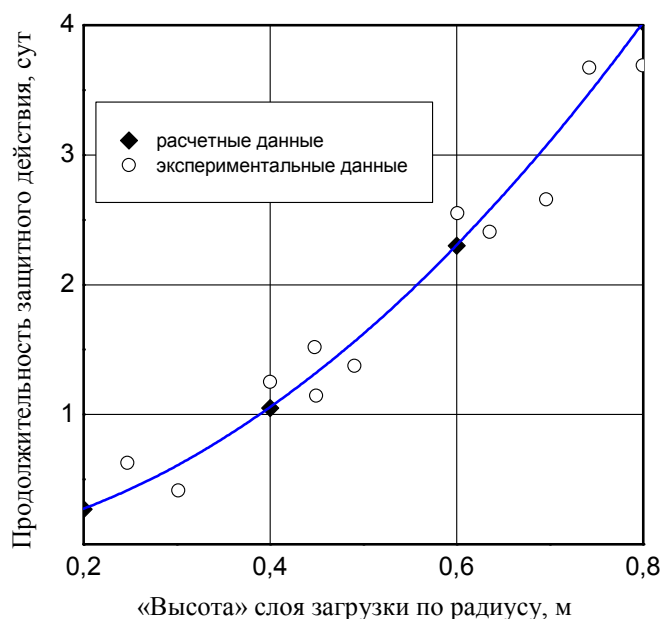


Рис. 1. Зависимость t_3^{yb} от параметра $H_{3(r)}$

Анализ приведенной графической зависимости, а также ранее полученных результатов исследований [12], во-первых, свидетельствует о доминирую-

щем влиянии на конечный результат конструктивного параметра радиальных фильтров $H_{з(r)}$, входящего в уточненное расчетное уравнение (5), при определении их грязеемкости для конкретного качества очищаемых подземных вод. Кроме того, данный параметр, с учетом относящегося к нему параметра a , входящего в уравнения (1) – (5) и характеризующего гранулометрический состав фильтрующего материала, является гарантирующим качество получаемой воды в соответствии с нормами (СанПиН 2.1.4.1074–01). Помимо этого, данная зависимость для приведенного выше качества очищаемых подземных вод позволяет ориентировочно оценить период защитного действия фильтрующей загрузки из альбитофира в зависимости от назначаемого параметра $H_{з(r)}$.

В радиальных напорных фильтрах при обезжелезивании подземных вод динамика изменения скорости фильтрования по направлению движения потока воды в толще фильтрующей загрузки заложена и определяется конструктивными особенностями фильтров [6], причем характер динамики и интенсивность изменения скорости фильтрования зависят от конструктивных и геометрических размеров фильтра и могут быть заложены изначально в зависимости от качества очищаемой воды, характеристик фильтрующего материала и требуемого соответствия скорости фильтрования гранулометрическим характеристикам загрузки.

В работе [7] авторы показали, что процесс накопления примесей в толще фильтрующей загрузки радиальных фильтров будет настолько эффективнее (по количеству задержанных примесей на единицу объема загрузки), насколько оптимально:

- соотношение между принятой скоростью фильтрования воды и динамикой ее изменения по направлению фильтрования в зависимости от качества очищаемых подземных вод;

- соответствие между скоростью фильтрования и характеристикой фильтрующего материала.

В радиальных фильтрах распределение задержанных примесей противоположно динамике изменения скорости фильтрования – от минимального количества в начальных слоях загрузки, где скорость и гидродинамический напор максимальны, до максимального количества в периферийных слоях фильтрующей загрузки, где скорость фильтрования минимальна. При достижении состояния динамического равновесия, когда гидратированные примеси, выделенные из очищаемой воды, не удерживаются в толще фильтрующей загрузки под воздействием гидродинамического напора фильтруемой воды и выносятся с фильтратом, грязеемкость загрузки исчерпывается и требуется ее регенерация. Финальная грязеемкость загрузки радиальных фильтров в режиме такого фильтрования зависит не от скорости воды на входе, не от средней скорости фильтрования в течение всего периода работы фильтра между промывками, а от той минимальной скорости потока на выходе, при которой наблюдается вынос примесей и завершается работа фильтра. Характер изменения скорости фильтрования по направлению движения потока воды в толще фильтрующей загрузки определяется конструктивными особенностями фильтров и зависит от их геометрических размеров [9, 10].

грузочного материала, а затем фильтруется в направлении от центра фильтра к его периферии (по радиусу). Профильтрованная вода собирается в периферийной части фильтра и отводится через сборно-распределительный коллектор. Удерживающие сетки, предусмотренные в разработанных конструкциях фильтров, предотвращают вынос фильтрующего материала. Из нижней части отводится первый фильтрат после промывки фильтра, а также осуществляется его опорожнение.

В отличие от обычных вертикальных фильтров, в которых скорость фильтрования неизменна по высоте слоя загрузки, радиальные фильтры (базовая конструкция – фильтрование от центра к периферии) характеризуются падением скорости фильтрования в направлении фильтрования при постоянстве расхода фильтруемой воды. Снижение скорости фильтрования в радиальном направлении обуславливается увеличением площади поперечного сечения, в котором перемещается поток фильтруемой воды.

При расчете радиальных напорных фильтров для работы в технологических схемах обезжелезивания подземных вод следует руководствоваться рекомендуемыми технологическими и конструктивными параметрами, приведенными в таблице.

Рекомендуемые технологические и конструктивные параметры напорных радиальных фильтров

Параметр	Рекомендуемая величина
Высота фильтрующей обоймы фильтра Ω , м	1–2,5
Размер периферийной водосборной зоны Δ , мм	200–300
Конструктивная высота h_1 , мм	250–500
Конструктивная высота h_2 , мм	250–500
$v_{\text{ф(вх)}}$, м/ч	35–45
$v_{\text{ф(вых)}}$, м/ч	2–5

Порядок расчета фильтров

1. По уравнению (2) рассчитывается требуемая «высота» слоя фильтрующей загрузки по радиусу фильтра $h_{3(r)}$, м.

2. Диаметр центрального канала $d_{\text{в}}$, м, радиального фильтра рассчитывается по расходу очищаемой воды $q_{\text{в}}$, м³/ч, принятой скорости фильтрования воды на входе $v_{\text{ф(вх)}}$, м/ч, и принятой конструктивной высоты фильтрующей обоймы фильтра Ω , м:

$$d_{\text{в}} = q_{\text{в}} / \pi v_{\text{ф(вх)}} \cdot \Omega.$$

3. Рабочий диаметр радиального фильтра $D_{\text{раб}}$, м, определяется как

$$D_{\text{раб}} = 2h_{3(r)} + d_{\text{в}}.$$

4. Рабочая площадь радиального фильтра $F_{\text{раб}}$, м², определяется как

$$F_{\text{раб}} = \pi D_{\text{раб}}^2 / 4.$$

5. Размер периферийной зоны Δ , мм, для сбора и отвода профильтрованной воды рекомендуется принимать без расчета, конструктивно в пределах 200–300 мм (см. таблицу).

6. Конструктивный (полный) диаметр $D_{\text{ф}}$, м, радиального фильтра рассчитывается как

$$D_{\text{ф}} = D_{\text{раб}} + 2\Delta.$$

7. Полная площадь радиального фильтра в плане определяется как

$$F_{\text{полн}} = \pi D_{\text{ф}}^2 / 4.$$

8. Диаметры подводящих и отводящих трубопроводов рассчитываются по расходу воды и скорости движения воды, как и для обычных напорных фильтров, с учетом рекомендаций².

9. Полная высота радиального фильтра H , м, складывается как

$$H = \Omega + h_1 + h_2,$$

где h_1, h_2 – конструктивная высота, рекомендуется принимать (0,25–0,5 м).

10. Для инженерных расчетов продолжительности защитного действия (фильтроцикла) фильтрующей загрузки $t_{\text{ф(з)}}$, сут, вполне приемлемым можно считать уравнение (5), полученное на основании математической обработки экспериментальных данных.

11. На станциях очистки подземных вод следует проектировать не менее двух рабочих радиальных фильтров и одного резервного, который при необходимости запускается в работу.

Анализ адекватности приведенных выше уравнений для расчета конструктивных размеров напорных радиальных фильтров производился на основании испытаний фильтров в реальных условиях Западно-Сибирского региона, расчет которых выполнен по приведенной выше методике и приведенным расчетным зависимостям. Результаты испытаний показали вполне удовлетворительную работу фильтров, обеспечивающую качество очищенной воды в соответствии с СанПиН 2.1.4.1074–01.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Журба М.Г. Очистка воды на зернистых фильтрах. Львов: Изд-во Львовского университета, 1980. 200 с.
2. Аюкаев Р.И. Интенсификация работы водоочистных фильтров и совершенствование метода их расчета. Петрозаводск: ПГУ, 1985. 136 с.
3. Ярошевская Н.В., Кульский Л.А. Очистка воды фильтрованием с нестационарным изменением скорости // Химия и технология воды. 1989. № 3. С. 251–253.
4. Дзюбо В.В. Подготовка подземных вод для питьевого водоснабжения малых населенных пунктов Западно-Сибирского региона: автореф. дис. ... докт. техн. наук. СПб., 2007. 37 с.
5. Дзюбо В.В., Алферова Л.И. Исследование необходимой высоты и продолжительности защитного действия загрузки фильтров обезжелезивания подземных вод // Водоочистка. 2007. № 8. С. 5–8.

² СП 31.13330.2012. Свод правил. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02–84*. М., 2012. 135 с.

6. Дзюбо В.В. Расчет и сравнение грязеемкости загрузки фильтров, работающих в режиме постоянных и переменных скоростей // Вестник гражданских инженеров. 2009. № 4 (21). С. 68–72.
7. Дзюбо В.В., Алферова Л.И. Технологическое и конструктивное оформление радиального фильтрования природных вод // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2013. № 3. С. 329–344.
8. Дзюбо В.В., Алферова Л.И. Фильтрация природных вод в режиме неравномерных скоростей // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2007. № 2. С. 180–190.
9. Дзюбо В.В. Радиальные фильтры обезжелезивания подземных вод. Инженерные и технологические решения // Сантехника. 2006. № 4. С. 16–19.
10. Дзюбо В.В. Радиальные фильтры обезжелезивания подземных вод. Конструктивные решения // Сантехника. 2006. № 5. С. 6–10.
11. Дзюбо В.В., Алферова Л.И. Роль массообменных характеристик фильтрующих материалов в процессе очистки подземных вод // Энергосбережение и водоподготовка. 2006. № 5. С. 21–24.
12. Дзюбо В.В. К вопросу определения высоты и грязеемкости загрузки фильтров обезжелезивания подземных вод // Сантехника. 2007. № 4. С. 4–7.

REFERENCES

1. Zhurba M.G. Ochistka vody na zernistyykh fil'trakh [Water purification by granular filters]. L'vov: L'vovskii universitet, 1980. 200 p. (rus)
2. Ayukaev, R.I. Intensifikatsiya raboty vodoochistnykh fil'trov i sovershenstvovanie metoda ikh rascheta [Intensification of water purifying filters and improvement of their calculation method]. Petrozavodsk: PGU, 1985. 136 p. (rus)
3. Yaroshevskaya, N.V., Kul'skii L.A. Ochistka vody fil'trovaniem s nestatsionarnym izmeneniem skorosti [Water purification by filtration with unsteady change of speed]. *Khimiya i tekhnologiya vody*. 1989. No. 3. Pp. 251–253. (rus)
4. Dzyubo V.V. Podgotovka podzemnykh vod dlya pit'evogo vodosnabzheniya mal'nykh naselennykh punktov Zapadno-Sibirskogo regiona: Avtoref. diss. ... d-ra tekhn. nauk [Groundwater preparation for drinking water supply in West-Siberian settlements. DSc Abstract]. St-Petersburg, 2007. 37 p. (rus)
5. Dzyubo V.V., Alferova L.I. Issledovanie neobkhodimoi vysoty i prodolzhitel'nosti zashchitnogo deistviya zagruzki fil'trov obezhelezivaniya podzemnykh vod [Protective height and duration of filter medium for groundwater deironing]. *Vodoochistka*. 2007. No. 8. Pp. 5–8. (rus)
6. Dzyubo V.V. Raschet i sravnenie gryazeemkosti zagruzki fil'trov, rabotayushchikh v rezhime postoyannykh i peremennykh skorostei [Calculation and comparison of filter medium operating at constant and variable speeds]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2009. No. 4 (21). Pp. 68–72. (rus)
7. Dzyubo, V.V., Alferova L.I. Tekhnologicheskoe i konstruktivnoe oformlenie radial'nogo fil'trovaniya prirodnykh vod [Design and technology of natural water radial filtration]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2013. No. 3. Pp. 329–344. (rus)
8. Dzyubo, V.V., Alferova L.I. Fil'trovanie prirodnykh vod v rezhime neravnomernykh skorostei [Filtering of natural waters in under non-uniform speeds]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2007. No. 2. Pp. 180–190. (rus)
9. Dzyubo V.V. Radial'nye fil'try obezhelezivaniya podzemnykh vod. Inzhenernye i tekhnologicheskie resheniya [Radial filters for groundwater deferrization. Engineering and technological decisions]. *Santekhnika*. 2006. No. 4. Pp. 16–19. (rus)
10. Dzyubo V.V. Radial'nye fil'try obezhelezivaniya podzemnykh vod. Konstruktivnye resheniya [Radial filters for groundwater deferrization. Engineering decisions]. *Santekhnika*. 2006. No. 5. Pp. 6–10. (rus)
11. Dzyubo V.V., Alferova L.I. Rol' massoobmennyykh kharakteristik fil'truyushchikh materialov v protsesse ochistki podzemnykh vod [Mass transfer characteristics of filter materials in groundwater purification]. *Energoberezhenie i vodopodgotovka*. 2006. No. 5. Pp. 21–24. (rus)

12. *Dzyubo V.V.* К вопросу определения высоты и гравитационности загрузки фильтров обезжелезивания подземных вод [Determination of height and capacity of filter medium for groundwater deferrization]. *Santekhnika*. 2007. No. 4. Pp. 4–7. (rus)

Сведения об авторах

Дзюбо Владимир Васильевич, докт. техн. наук, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, dzv1956@mail.ru

Алферова Лариса Ивановна ст. преподаватель, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, alflar@mail.ru

Authors Details

Vladimir V. Dzyubo, DSc, Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., Tomsk, 634003, Russia, dzv1956@mail.ru

Larisa I. Alferova, Senior Lecturer, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., Tomsk, 634003, Russia, alflar@mail.ru