



ГЕОЭКОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 551+628.4.036(571.62)

<https://doi.org/10.21285/2686-9993-2022-45-3-275-284>



Геоэкологические условия Хабаровской агломерации для размещения строительных отходов

Валерий Викторович Кулаков^a, Вадим Эдуардович Пасичников^b

^{a,b}Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Кулаков Валерий Викторович, vvkulakov@mail.ru

Резюме. Целью представленного исследования являлась геоэкологическая оценка территории Хабаровской агломерации относительно возможности размещения на рассматриваемой территории отходов строительства и сноса или повторного их использования, а также влияния этих отходов на окружающую среду. Ежегодный объем образования строительных отходов в г. Хабаровске составляет 407,5 тыс. т (326,9 тыс. м³). Все отходы строительного сектора Хабаровской агломерации отправляются на захоронение. В исследуемой области выделяются два района: район поймы и надпойменных террас Амура в западной части, затапливаемый в периоды высоких и катастрофических наводнений и характеризующийся неблагоприятными геоэкологическими условиями, а также район правобережья Амура в восточной части площади, где располагается городская застройка и залегание уровней подземных вод превышает 2 м. В ходе исследования авторами выявлены места потенциального расположения комплекса по переработке строительных отходов с возможностью обустройства площадки для временного хранения сырья, представлено обоснование данного выбора. Описаны методы, применимые в сфере оборота отходов при формировании отрасли переработки отходов строительства и сноса. Дана оценка потенциальной возможности использования отходов как материальных ресурсов и экологических аспектов их вторичного использования в виде строительных материалов. Отмечено, что к 2030 году в результате размещения отходов на полигонах твердых коммунальных отходов углеродный след составит 116,8 тыс. т углекислого газа. Для сокращения углеродного следа (выбросов углекислого газа) при строительных работах с использованием бетона и асфальтобетона обосновано применение переработанных заполнителей на основе вторичного щебня. Участки, благоприятные для размещения предприятий по переработке строительных отходов, выявлены при обследовании территории города. Они расположены за пределами существующей и перспективной городской и промышленной застройки, а также вне зон особо охраняемых природных территорий.

Ключевые слова: геоэкологические условия, подземные воды, строительные отходы, Хабаровск

Финансирование: Исследования выполнены в рамках государственного задания Института водных и экологических проблем ДВО РАН и гранта Правительства Хабаровского края в области охраны окружающей среды от 25 декабря 2020 г.

Для цитирования: Кулаков В. В., Пасичников В. Э. Геоэкологические условия Хабаровской агломерации для размещения строительных отходов // Науки о Земле и недропользование. 2022. Т. 45. № 3. С. 275–284. <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2022-45-3-275-284>.

GEOECOLOGY

Original article

Geoeological conditions of the Khabarovsk agglomeration for construction waste disposal

Valeriy V. Kulakov^a, Vadim E. Pasichnikov^b

^{a,b}Institute of Water and Environmental Problems, Far Eastern Branch
of the Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia

Corresponding author: Valeriy V. Kulakov, vvkulakov@mail.ru

© Кулаков В. В., Пасичников В. Э., 2022



Abstract. This research is aimed at the geoecological assessment of the territory of the Khabarovsk agglomeration in terms of location possibility of construction and demolition waste or recycling of the latter, as well as the environmental impact of the waste. The annual volume of construction waste generation in Khabarovsk is 407.5 thousand tons (326.9 thousand m³). All waste from the construction sector of the Khabarovsk agglomeration is sent to landfills. The study territory distinguishes two areas: the one of the flood plain and above-floodplain terraces of the Amur river in the western part, which is flooded in the periods of high and catastrophic floods and features unfavorable geoecological conditions, and the area on the right bank of the Amur river in the eastern part of the territory with urban development where the groundwater levels exceed 2 m. In the course of the study, the authors identified the potential locations of the construction waste recycling complex and considered the possibility of arranging a site for temporary storage of raw materials having given the rationale for this choice. The methods applicable in the field of waste recycling under the formation of the construction and demolition waste processing industry are described. The potential of using waste as material resources as well as the environmental aspects of waste recycling in the form of building materials are evaluated. It is noted that by 2030, the carbon footprint will be 116.8 thousand tons of carbon dioxide as a result of waste disposal at municipal solid waste landfills. To reduce the carbon footprint (carbon dioxide emissions) during the construction works involving concrete and bituminous concrete it is justified the use of processed aggregates based on recycled crushed stone. The sites favorable for the placement of construction waste recycling enterprises have been identified during the survey of the city. They are located outside the existing and prospective urban and industrial development, as well as outside the zones of specially protected natural areas.

Keywords: geoecological conditions, groundwater, construction waste, Khabarovsk

Funding: The research was carried out within the framework of the state assignment of the Institute of Water and Environmental Problems of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences and the grant of the Khabarovsk Territory Government in the field of the environmental protection of December 25, 2020.

For citation: Kulakov V. V., Pasichnikov V. E. Geoecological conditions of the Khabarovsk agglomeration for construction waste disposal. *Nauki o Zemle i nedropol'zovanie = Earth sciences and subsoil use*. 2022;45(3):275-284. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2022-45-3-275-284>.

Введение

Серьезной проблемой в наши дни является то, что в ходе строительства, а также сноса физически и морально устаревшего жилищного и производственного фонда зданий должным образом не учитывается фактор экологического воздействия отходов строительства и сноса на окружающую среду. Тем не менее в рамках применения технологии механизированного сноса генерируется ряд отрицательных экологических факторов, таких как выбросы парниковых газов, загрязнение почвы отходами горюче-смазочных материалов, загрязнение подземных вод, ветровой пылевой перенос за территорию участка и др. В свою очередь, при соблюдении технологии бережной разборки общая масса строительного мусора представляет собой внушительный перечень вторичных ресурсов (металлические, минеральные, органические, полимерные, смешанные), технологии переработки которых успешно применяются во многих странах мира.

Необходимость утилизации строительных отходов предусмотрена Стратегией развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года¹. К сожалению, несмотря на это, непосредственно проблеме управления отходами строительного производства в большинстве регионов России на сегодняшний день не уделяется должного внимания – исключением является лишь столица России г. Москва и Московская область [1].

В связи со всем вышеперечисленным в рамках проведенного исследования авторы поставили своей задачей идентифицировать наиболее значимые геоэкологические условия на площади Хабаровской агломерации для размещения строительных отходов и их техногенные воздействия на окружающую среду, а также на основе объемов образования отходов строительства и сноса ветхого жилья в городе оценить наиболее благоприятные участки для их размещения и экологи-

¹ Об утверждении Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года: распоряжение Правительство Российской Федерации от 25 января 2018 года № 84-п [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/556353696?marker=6540IN> (15.06.2022).



ческие аспекты вторичного использования строительных материалов.

Материалы и методы исследования

Территория г. Хабаровска расположена на правом берегу Амура и Амурской протоки и протягивается вдоль них от Воронежских высот до предгорий хребта Большой Хехцир на расстояние более 40 км [2]. Рельеф Хабаровска и его окрестностей определяется особенностями морфологии обширной Среднеамурской низменной равнины с присущими ей морфологическими элементами: горами с отрогами, холмисто-увалистой и низменной заболоченной равниной. Наибольшая высота хребта Большой Хехцир достигает 849,6 м, а его территория имеет густую речную сеть. Низменная Среднеамурская равнина характеризуется высотой 30–70 м над уровнем моря. Водный режим рек и ручьев определяется дождевым стоком (до 80 %) и муссонными паводками в летний период [3–5].

Площадь г. Хабаровска и его окрестностей (Хабаровская агломерация) имеет весьма разнообразное геологическое строение и резко различные геоэкологические (гидрогеологические и инженерно-геологические) условия. Сведения о геологическом строении, тектонике, геоморфологии, гидрогеологии, инженерной геологии и опасных экзогенных геологических процессах данной агломерации были опубликованы в многочисленных научных работах [2, 6, 7].

Теория и практика обращения с отходами строительства и сноса, их утилизации, переработки и реализации, являющаяся важной частью проведенного авторами исследования, отражена в трудах российских и иностранных ученых [8–10]. Передовые позиции в этих исследованиях занимают ученые из Евросоюза, Азии, Австралии и Северной Америки [11–15].

Оценка объемов образования отходов сноса ветхого жилья в г. Хабаровске и углеродного следа от их реализации позволяет говорить о реальной нагрузке строительства и жилищно-коммунального хозяйства на элементы окружающей среды [1]. При анализе экологических аспектов авторами данного

исследования выделены три основных потока: вторичные материальные ресурсы, образующиеся при сносе ветхого фонда; отходы текущего ремонта помещений, которые формируются в условиях жестко сложившихся границ застройки и оказывают прямое влияние на комфорт и безопасность людей, проживающих в многоквартирных домах [16]; подбор строительных материалов с учетом оценки жизненного цикла [17].

Все исследования, проводившиеся ранее, позволяют косвенно оценить геоэкологическую обстановку района г. Хабаровска, тем не менее они не дают цельного представления для научно обоснованного перспективного планирования размещения полигонов строительных отходов. В представленном в настоящей статье исследовании на основе анализа суммы приведенных выше факторов дается оценка геоэкологических условий территории Хабаровской агломерации, а также проводится районирование ее на зоны различной степени опасности согласно этим условиям. Данное районирование позволит более рационально использовать городскую и прилегающую к ней территорию для размещения и строительства различных сооружений и полигонов твердых бытовых и строительных отходов и составить объективное представление о вероятных изменениях геологической среды в результате влияния антропогенных факторов. Создание комплекса по переработке строительных отходов предполагает соблюдение требований экологического и социально-экономического благополучия граждан. С целью соблюдения этого требования был произведен анализ территории Хабаровской агломерации, направленный на выявление мест потенциального расположения подобных комплексов.

В ходе исследования была использована система геоэкологических, инженерно-технических и экономических методов для формирования отрасли переработки отходов строительства и сноса на территории Хабаровской агломерации с использованием зарубежного опыта управления строительными отходами. К данным методам относятся:

– принцип «3R» (*от англ.*: reduce, reuse, recycle – сокращение, повторное использо-



вание, переработка) (использован в ходе реализации национального проекта «Жилье и городская среда» в г. Хабаровске);

– методы «бережной разборки», отдельного сбора и реализации отходов демонтажа [1], метод подбора строительных материалов на этапе проектирования с учетом жизненного цикла и экологического аспекта [17];

– принцип цифровизации процессов (разработана модель автоматизированной информационной системы оборота отходов текущего ремонта помещений на примере г. Хабаровска) [16].

Результаты исследования и их обсуждение

Отходами строительства и сноса являются отходы (за исключением высоко- и чрезвычайно опасных), получаемые в результате строительства или ремонта, реконструкции, разборки и сноса зданий, сооружений, инженерных коммуникаций и промышленных объектов, объединенные в единую группу. Наиболее значимыми по геоэкологическим условиям и связанными с ними техногенными воздействиями на окружающую среду от строительной деятельности являются добыча сырья, изготовление материалов и изделий, этап строительства, эксплуатация, уничтожение или повторное использование.

По мнению С. П. Олейника [18], отходы строительства и сноса относятся к отдельной категории отходов производства и потребления (как правило крупногабаритных), часто требующих их предварительной подготовки к последующему рециклингу. В связи с этим в России строительные отходы обычно направляют на захоронение (размещение) на полигоны твердых коммунальных отходов в качестве изолирующего слоя, что отрицательно влияет на вместимость действующих полигонов и приводит к неоправданным потерям отдельных видов ценных сырьевых ресурсов.

С эколого-экономической точки зрения объект строительства или сноса может рассматриваться не только как источник негативного воздействия на окружающую среду, но и как источник получения дешевого вторичного сырья, материалов для дальнейшего

вовлечения в производственный цикл, а также использоваться в качестве потенциального донора выработки тепловой энергии в результате сжигания отходов на мусоросжигающих заводах с учетом всех требований экологической и санитарно-гигиенической безопасности.

Опыт зарубежных коллег показывает, что в Соединенных Штатах Америки и Канаде особое внимание уделено перспективности использования переработанных заполнителей из строительных отходов, которые состоят в основном из инертных соединений, но могут содержать опасные материалы – металлы и химические компоненты, которые потенциально способны загрязнять окружающую среду. В исследовании W. Y. Vivian [19] доказано, что замена 50 % добытого первичного заполнителя переработанным заполнителем в проекте дорожного строительства может снизить выбросы парниковых газов от материального компонента дорожного строительства примерно на 23 %. С целью сокращения углеродного следа (то есть экономии выбросов углекислого газа) при строительстве дорог и других строительных работах с использованием бетона и асфальтобетона обосновано применение переработанных заполнителей на основе вторичного щебня.

По информации администрации Хабаровска, программой сноса, актуальной для данного города, предусмотрена ликвидация 88 аварийных домов общей площадью 26580,62 м². Ежегодный объем образования строительных отходов в г. Хабаровске, в свою очередь, по оценкам авторов составляет 407,5 тыс. т (326,9 тыс. м³). При этом объем образования крупногабаритных древесных отходов в результате сноса ветхих бараков равен 1,66 тыс. т (996 м³) вторичного пиломатериала. В результате отправки данного объема на полигон при последующем разложении ежегодно выделяется свыше 4,5 тыс. т углекислого газа. Объем образования отходов сноса аварийного жилого фонда на территории Хабаровской агломерации с 2020 по 2030 г. составит свыше 188,3 тыс. т, в том числе вторичных материальных ресурсов – свыше 154,4 тыс. т. Углеродный след в результате раз-



мещения отходов на полигонах твердых коммунальных отходов к 2030 г. составит 116,8 тыс. т углекислого газа. Важно отметить, что все отходы строительного сектора Хабаровской агломерации отправляются на захоронение.

Далее обратимся к геоэкологическим условиям исследуемой территории. Для оценки территории Хабаровской агломерации по рискам размещения строительных отходов составлена гидрогеологическая карта и схема геоэкологического районирования (рисунок).

Нормативные требования к объектам размещения твердых коммунальных отходов определяют геоэкологические аспекты по двум параметрам: расстояние от нижнего уровня отходов до уровня грунтовых вод не менее 2 м и расположение в непросадочных грунтах.

Принцип выделения площадей с неблагоприятными геоэкологическими условиями для размещения полигонов строительных отходов в пределах Хабаровской агломерации заключается в выделении участков, не затопляемых в периоды катастрофических паводков и характеризующихся залеганием уровней подземных вод на глубине более 2 м. Исходя из этого на территории агломерации выделяются два района: район поймы и надпойменных террас Амура в западной части, затопляемый в периоды высоких и катастрофических наводнений и характеризующийся неблагоприятными геоэкологическими условиями, а также район правобережья Амура в восточной части площади, где располагается городская застройка и залегание уровней подземных вод превышает 2 м (см. рисунок).

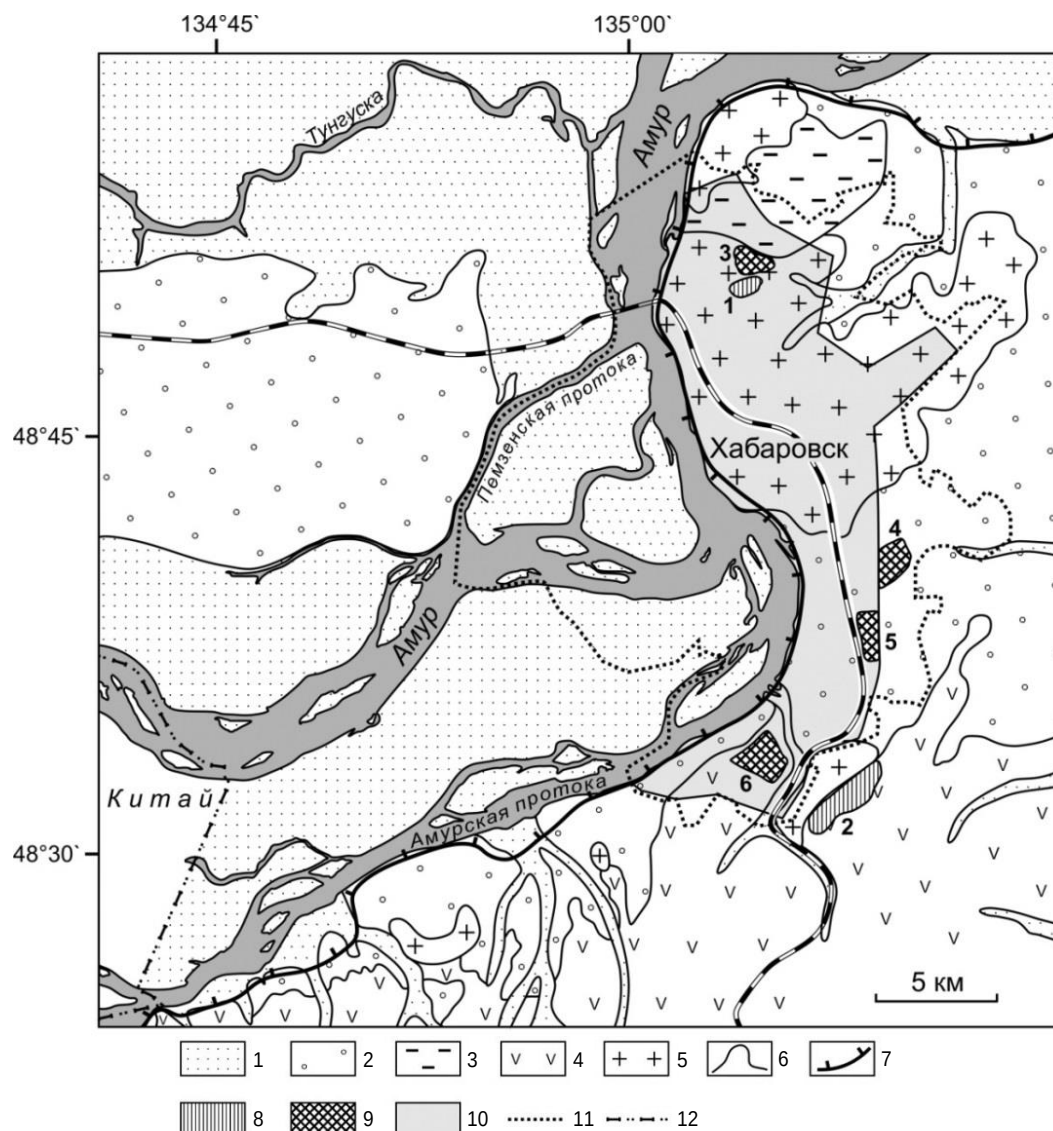
В геологическом строении территории [2] выделены наиболее древние палеозойские породы каменноугольной и пермской систем – метаморфизованные и рассланцованные (глинистые, глинисто-алевритовые, глинисто-кремнистые, кремнисто-хлоритовые, хлоритоглинистые, филлитовидные и другие сланцы, а также спилиты, диабазовые порфириды, их туфо- и лавобрекчии). Мезозойский комплекс пород представлен скальными осадочными (аргиллит, алевролит, песчаник), кремнисты-

ми и кремнисто-глинистыми сланцами, вулканогенными образованиями (туфы и диабазовые порфириды) и интрузивными породами (кварцевые диориты, гранодиориты, порфировидные граниты и гранит-порфиры). Наибольшее площадное распространение на территории имеют кайнозойские осадочные породы Среднеамурской впадины, представленные угленосными палеогеновыми и неогеновыми уплотненными породами (глины, алевриты, пески), а также четвертичными рыхлыми породами (галечники, пески и илы).

В районе г. Хабаровска установлены две впадины, относящиеся по типу к односторонним грабенам – Базовский и Хабаровский, разделенные Хабаровско-Петропавловским горстом. Глубина Базовского грабена достигает 200 м, Хабаровского – более 1000 м. В краевых частях грабенов у их бортов широко развиты разновозрастные склоновые делювиально-элювиальные образования кор выветривания (глины с дресвой и щебнем).

Геоморфологически вдоль подножья хребта Большой Хехцир на юге территории протягивается почти сплошной полосой шириной 1–4 км слабонаклонная поверхность предгорного шлейфа, сложенная грубым глыбово-обломочным материалом. Более 70 % всей территории агломерации занято Средне-Амурской равниной, представляющей сочетание поверхностей нескольких разновозрастных аккумулятивных речных террас. Поймы изобилуют протоками и старицами.

Гидрогеологические условия Хабаровской агломерации определяются ее расположением в центральной части Среднеамурского артезианского бассейна [6]. Палеозойский фундамент бассейна вскрывается скважинами на глубине 100–200 м. К нижней части разреза чехла артезианского бассейна относятся палеогеновые и неогеновые отложения, представленные песками, пластами бурого угля, глин и слабосцементированных песчаников. Верхняя часть разреза чехла артезианского бассейна сложена плиоцен-голоценовыми рыхлыми образованиями приамурской свиты и плейстоцен-голоценовыми аллювиальными отложениями надпойменных и пойменных террас Амура и Тунгуски (пески,



Гидрогеологическая карта и схема геоэкологического районирования территории Хабаровской агломерации:

- 1 – плейстоцен-голоценовый аллювиальный водоносный горизонт; 2 – плиоцен-голоценовый аллювиальный водоносный горизонт приамурской свиты с покровными водоупорными отложениями; 3 – плиоцен-нижнеплейстоценовые относительно водоупорные отложения; 4 – мезозойская водоносная зона трещиноватости (метаморфизованные осадочные отложения фундамента артезианского бассейна); 5 – палеозойская водоносная зона трещиноватости (метаморфизованные отложения фундамента артезианского бассейна); 6 – границы геолого-гидрогеологических подразделений; 7 – контур площади с неблагоприятными геоэкологическими условиями для размещения полигонов строительных отходов; 8 – законсервированные свалки и полигоны твердых коммунальных отходов (1 – свалка на ул. Трехгорная, 2 – полигон твердых коммунальных отходов с. Ильинка); 9 – участки возможного размещения предприятий по переработке строительных отходов; 10 – площадь жилой и промышленной застройки; 11 – граница городского округа «Город Хабаровск»; 12 – государственная граница Российской Федерации и Китайской Народной Республики

Hydrogeological map and a diagram of geoecological zoning of the Khabarovsk agglomeration:

- 1 – Pleistocene-Holocene alluvial aquifer; 2 – Pliocene-Holocene alluvial aquifer of the Amur suite with overlying unpermeable deposits; 3 – Pliocene-Lower Pleistocene relatively unpermeable deposits; 4 – Mesozoic aquifer of the fracture zone (metamorphosed sedimentary deposits of the artesian basin basement); 5 – Paleozoic aquifer of the fracture zone (metamorphosed basement deposits of the artesian basin); 6 – boundaries of geological and hydrogeological units; 7 – contour of the area with unfavorable geo-ecological conditions for waste landfills construction; 8 – abandoned waste heaps and landfills for municipal solid waste (1 – waste heap on Trekhgornaya Street, 2 – solid municipal waste landfill in the settlement of Ilyinka); 9 – areas of the possible location of construction waste recycling enterprises; 10 – area of residential and industrial buildings; 11 – border of the urban district "the City of Khabarovsk"; 12 – state border of the Russian Federation and the People's Republic of China



галечники, гравийники, супеси, изредка глины). Мощность водоносного горизонта плиоцен-голоценовых отложений приамурской свиты достигает 60 м, данный горизонт является основным источником водоснабжения за счет подземных вод в районе г. Хабаровска. Глубина залегания уровня подземных вод от поверхности земли изменяется от 0,5–2 м в пойме р. Амур до 5–15 м на водоразделах.

Практически повсеместно водоносные горизонты перекрыты чехлом относительно водоупорных плиоцен-нижнеплейстоценовых отложений мощностью от 7 до 25 м, представленных глинами и суглинками. По окраинам впадины и над выступами фундамента развиты глины и дресвянистые глины со щебнем.

Режим подземных вод первых от поверхности водоносных горизонтов изучался в районе г. Хабаровска на протяжении более 75 лет [7, 20, 21]. Для внутригодового хода уровней подземных вод голоценовых отложений характерно наличие одного минимума (зимне-весеннего) и нескольких летне-весенних максимумов. На водоразделе Хабаровской равнины (Хабаровский артезианский бассейн второго порядка) минимумы уровней наблюдаются в июне-июле, а максимумы – в декабре-январе. Амплитуда колебания уровня грунтовых вод в годовом цикле варьирует от 0,02 до 5–6 м и зависит от расстояния от реки.

На представленном выше рисунке отмечены участки размещения законсервированных свалок и полигонов твердых коммунальных отходов, а также участки, благоприятные для размещения предприятий по переработке строительных отходов, расположенные

вне зон городской застройки и особо охраняемых природных территорий [22].

Заключение

Для сокращения негативного влияния на окружающую среду размещение отходов строительства и жилищно-коммунального хозяйства на полигонах не предусматривается. На территории Хабаровской агломерации рекомендовано создание комплекса по переработке строительных и крупногабаритных отходов, выполнено обоснование создания данного комплекса, приветствуется также организация экологически ориентированной системы управления. Технологический процесс переработки крупнотоннажных отходов в природно-климатических условиях Хабаровской агломерации должен сопровождаться обустройством зоны для накопления отходов в зимний период, представляющей специально оборудованную площадку для временного размещения строительных отходов.

В ходе представленного исследования авторами выполнено геоэкологическое районирование Хабаровской городской агломерации и проведена оценка экологической нагрузки на территорию с обоснованием создания предприятия по переработке строительных отходов на период до 2030 г.

В целях максимально рационального использования отходов сноса и сохранения природных ресурсов необходима дальнейшая разработка научно-методических основ применения экологически ориентированных технологий, обеспечивающих снижение воздействия на геоэкологическую среду и уменьшение углеродного следа (экономию выбросов углекислого газа).

Список источников

1. Pasichnikov V. E. Environmental aspects of the implementation of the national project "Housing and urban environment" (chapter 4) // Heritage of European science: medicine, chemistry, biology, ecology, agriculture. Monographic series "European Science". Book 2. Part 4. Karlsruhe: Scientific World – NetAkhataV, 2020. P. 94–105.
2. Варнавский В. Г., Даммер А. Э., Тюрин И. М., Поздняков И. И., Подгорная Т. И., Степанов Н. М. Геоэкологическое строение и инженерно-геологические условия Хабаровска и его окрестностей. Хабаровск: Изд-во ИТиГ ДВО АН СССР, 1991. 113 с.
3. Махинов А. Н., Караванов К. П., Болдовский

Н. В., Воронов Б. А., Мирзеханова З. Г., Мордовин А. М. [и др.]. Водно-экологические проблемы бассейна реки Амур. Владивосток: Изд-во ИВЭП ДВО РАН, 2003. 187 с.

4. Ким В. И., Махинов А. Н. Гидрологический режим р. Амур в пределах Хабаровского водного узла // Фундаментальные проблемы изучения и использования воды и водных ресурсов: материалы науч. конф. (г. Иркутск, 20–24 сентября 2005 г.). Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2005. P. 92–94.

5. Махинов А. Н., Ким В. И., Воронов Б. А. Наводнение в бассейне Амура 2013 года: причины и послед-



ствия // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2014. № 2. С. 5–14.

6. Аверьянова Л. П., Горейко Д. Л., Кулаков В. В. Подземные воды района Хабаровска и их загрязнение // Вопросы географии Дальнего Востока. Вып. 21. Хабаровск: как он есть сегодня (экологическое состояние): сб. статей. Хабаровск: Изд-во ИВЭП ДВО РАН, 1998. С. 115–118.

7. Кулаков В. В., Штенгелов Р. С., Матвеев Д. В. Взаимодействие подземных и поверхностных вод в зоне Хабаровского водного узла // Науки о земле и недропользование. 2021. Т. 44. № 2. С. 151–158. <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2021-44-2-151-158>.

8. Цховребов Э. С. Моделирование экологического баланса объекта строительства и сноса зданий // Строительство: наука и образование. 2017. Т. 7. № 3. С. 69–78. [Электронный ресурс]. URL: http://www.nso-journal.ru/public/journals/1/issues/2017/03/06_03_2017.pdf (15.06.2022).

9. Алехин Ю. А., Люсов А. Н. Экономическая эффективность использования вторичных ресурсов в производстве строительных материалов. М.: Стройиздат, 1988. 344 с.

10. Соломин И. А. Снижение техногенной нагрузки на компоненты природной среды в строительной отрасли // Природообустройство. 2018. № 4. С. 53–59. <https://doi.org/10.26897/1997-6011/2018-4-53-59>.

11. Solís-Guzmán J., Marrero M., Montes-Delgado M. V., Ramírez-de-Arellano A. A Spanish model for quantification and management of construction waste // Waste Management. 2009. Vol. 29. Iss. 9. P. 2542–2548. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.05.009>.

12. Chen J., Su Y., Si H., Chen J. Managerial areas of construction and demolition waste: a scientometric review // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2018. Vol. 15. Iss. 11. P. 2350. <https://doi.org/10.3390/ijerph15112350>.

13. Hoang N. H., Ishigaki T., Kubota R., Tong T. K., Nguyen T. T., Nguyen H. G., et al. Waste generation, composition, and handling in building-related construction and demolition in Hanoi, Vietnam // Waste Management. 2020. Vol. 117. P. 32–41. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.08.006>.

14. Ratnasabapathy S., Alashwal A., Perera S. Investigation of waste diversion rates in the construction and demolition sector in Australia // Built Environment Project and Asset Management. 2021. Vol. 11. Iss. 3. P. 427–439. <https://doi.org/10.1108/BEPM-01-2020-0012>.

15. Yeheyis M., Hewage K., Alam M. S., Eskicioglu C., Sadiq R. An overview of construction and demolition waste management in Canada: a lifecycle analysis approach to sustainability // Clean Technologies and Environmental Policy. 2013. Vol. 15. P. 81–91. <https://doi.org/10.1007/s10098-012-0481-6>.

16. Пасичников В. Э., Каплунова Н. А. Исследование морфологического состава отходов текущего ремонта квартир (на примере замены заполнений оконных проемов) // Дальневосточная весна – 2021: материалы XIX Междунар. науч.-практ. конф. по проблемам экологии и безопасности (г. Комсомольск-на-Амуре, 30–31 марта 2021 г.). Комсомольск-на-Амуре: Изд-во КНАГУ, 2021. С. 131–134.

17. Pasichnikov V. E., Mayorova L. P. Environmental aspects of the use of construction materials from thin-sheet galvanized steel in the Far Eastern Federal District // IOP Conference. Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 720. P. 012015. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/720/1/012015>.

18. Олейник С. П. Объемы и источники образования отходов строительства и сноса // Отходы и ресурсы. 2016. Т. 3. № 1. С. 02RRO116. <https://doi.org/10.15862/02RRO116>.

19. Tam V. W. Y., Soomro M., Evangelista A. C. J. A review of recycled aggregate in concrete applications (2000–2017) // Construction and Building Materials. 2018. Vol. 172. P. 272–292. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.03.240>.

20. Кулаков В. В., Андреева Д. В., Матвеев Д. В. Мониторинг подземных вод района города Хабаровска // Экология и безопасность жизнедеятельности городов: проблемы и решения: материалы XIX Междунар. конф. городов-побратимов «Формирование и управление экологической политикой городов» и VI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Хабаровск, 8–9 октября 2019 г.). Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2019. С. 120–122.

21. Кулаков В. В., Штенгелов Р. С. Мониторинг уровней подземных вод междуречья Амура и Тунгуски // Вестник Северо-Восточного научного центра Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2019. № 3. С. 63–70. <https://doi.org/10.34078/1814-0998-2019-3-63-70>.

22. Морозова Г. Ю., Дебелая И. Д., Дубянская И. Г. Особо охраняемые природные территории города Хабаровска. Хабаровск: Хабаровские вести, 2021. 165 с.

References

1. Pasichnikov V. E. Environmental aspects of the implementation of the national project “Housing and urban environment” (chapter 4). In: *Heritage of European science: medicine, chemistry, biology, ecology, agriculture. Monographic series “European Science”*. Book 2. Part 4. Karlsruhe: Scientific World – NetAkhatAV; 2020, p. 94–105.

2. Varnavskii V. G., Dammer A. E., Tyurin I. M., Pozdnyakov I. I., Podgornaya T. I., Stepanov N. M. Geo-

logical structure and engineering-geological conditions of Khabarovsk and its environs. Khabarovsk: Institute of Tectonics and Geophysics of the Far Eastern Branch of the USSR Academy of Sciences; 1991. 113 p. (In Russ.).

3. Makhinov A. N., Karavanov K. P., Boldovskii N. V., Voronov B. A., Mirzekhanova Z. G., Mordovin A. M., et al. *Water and environmental problems of the Amur river basin*. Vladivostok: Institute of Water and Environmental Problems, Far Eastern Branch of the Russian Academy



of Sciences; 2003. 187 p. (In Russ.).

4. Kim V. I., Makhinov A. N. Hydrological regime of the river Amur within the Khabarovsk water hub. In: *Fundamental'nye problemy izucheniya i ispol'zovaniya vody i vodnykh resursov: materialy nauch. konf. = Fundamental problems of studying and using water and water resources: proceedings of the scientific conference*. 20–24 September 2005, Irkutsk. Irkutsk: V. B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; 2005, p. 92–94. (In Russ.).

5. Makhinov A. N., Kim V. I., Voronov B. A. Floods in the Amur basin in 2013: causes and consequences. *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiiskoi akademii nauk = Vestnik of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences*. 2014;2:5-14. (In Russ.).

6. Aver'yanova L. P., Goreiko D. L., Kulakov V. V. Underground waters of the Khabarovsk region and their pollution. In: *Voprosy geografii Dal'nego Vostoka. Vyp. 21. Khabarovsk: kak on est' segodnya (ekologicheskoe sostoyanie) = Problems of Far East Geography. Issue. 21. Today's Khabarovsk: environmental state*. Khabarovsk: Institute of Water and Environmental Problems, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences; 1998, p. 115–118. (In Russ.).

7. Kulakov V. V., Shtengelov R. S., Matveenko D. V. Interaction of ground and surface water in Khabarovsk water node area. *Nauki o Zemle i nedropol'zovanie = Earth sciences and subsoil use*. 2021;44(2):151-158. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2021-44-2-151-158>.

8. Tskhovrebov E. S. Modeling of the ecological balance of construction and demolition facilities. *Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie = Construction: Science and Education*. 2017;79(3):69-78. Available from: http://www.nso-journal.ru/public/journals/1/issues/2017/03/06_03_2017.pdf [Accessed 15th June 2022]. (In Russ.).

9. Alekhin Yu. A., Lyusov A. N. *Economic efficiency of using secondary resources in building material production*. Moscow: Stroizdat; 1988. 344 p. (In Russ.).

10. Solomin I. A. Reducing technogenic load on natural environment components in construction industry. *Prirodoobustroistvo*. 2018;4:53-59. (In Russ.). <https://doi.org/10.26897/1997-6011/2018-4-53-59>.

11. Solís-Guzmán J., Marrero M., Montes-Delgado M. V., Ramírez-de-Arellano A. A Spanish model for quantification and management of construction waste. *Waste Management*. 2009;29(9):2542-2548. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.05.009>.

12. Chen J., Su Y., Si H., Chen J. Managerial areas of construction and demolition waste: a scientometric review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018;15(11):2350. <https://doi.org/10.3390/ijerph15112350>.

13. Hoang N. H., Ishigaki T., Kubota R., Tong T. K., Nguyen T. T., Nguyen H. G., et al. Waste generation, composition, and handling in building-related construction and demolition in Hanoi, Vietnam. *Waste Management*. 2020;117:32-41. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.08.006>.

14. Ratnasabapathy S., Alashwal A., Perera S. Inves-

tigation of waste diversion rates in the construction and demolition sector in Australia. *Built Environment Project and Asset Management*. 2021;11(3):427-439. <https://doi.org/10.1108/BEPAM-01-2020-0012>.

15. Yeheyis M., Hewage K., Alam M. S., Eskicioglu C., Sadiq R. An overview of construction and demolition waste management in Canada: a lifecycle analysis approach to sustainability // *Clean Technologies and Environmental Policy*. 2013. Vol. 15. P. 81–91. <https://doi.org/10.1007/s10098-012-0481-6>.

16. Pasichnikov V. E., Kaplunova N. A. Morphological composition analysis of apartment renovation waste (by the example of timber window structure replacing). In: *Dal'nevostochnaya vesna – 2021: materialy XIX Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. po problemam ekologii i bezopasnosti = Far East Spring – 2021: materials of the 19th International scientific and practical conference on environmental and safety issues*. 30–31 March 2021, Komsomolsk-on-Amur. Komsomolsk-on-Amur: Komsomolsk-na-Amure State University; 2021, p. 131–134. (In Russ.).

17. Pasichnikov V. E., Mayorova L. P. Environmental aspects of the use of construction materials from thin-sheet galvanized steel in the Far Eastern Federal District. *IOP Conference. Series: Earth and Environmental Science*. 2021;720:012015. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/720/1/012015>.

18. Oleynik S. P. Amounts and sources of construction and demolition waste. *Otkhody i resursy = Russian journal of resources, conservation and recycling*. 2016;3(1):02RRO116. (In Russ.). <https://doi.org/10.15862/02RRO116>.

19. Tam V. W. Y., Soomro M., Evangelista A. C. J. A review of recycled aggregate in concrete applications (2000–2017). *Construction and Building Materials*. 2018;172:272-292. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.03.240>.

20. Kulakov V. V., Andreeva D. V., Matveenko D. V. Groundwater monitoring of the area of the city of Khabarovsk. In: *Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti gorodov: problemy i resheniya: materialy XIX Mezhdunar. konf. gorodov-pobratimov "Formirovanie i upravlenie ekologicheskoi politikoi gorodov" i VI Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem = Environmental and life safety of cities: problems and solutions: proceedings of the 19th International conference of the twin cities "Formation and management of the urban environmental policy" and the 6th All-Russian scientific and practical conference with international participation*. 8–9 October 2019, Khabarovsk. Khabarovsk: Far Eastern State Transport University; 2019, p. 120–122. (In Russ.).

21. Kulakov V. V., Shtengelov R. S. Monitoring of groundwater levels in the Amur-Tunguska interfluv. *Vestnik Severo-Vostochnogo nauchnogo tsentra Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiiskoi akademii nauk = Bulletin of the North-East Scientific Center, Russia Academy of Sciences Far East Branch*. 2019;3:63-70. (In Russ.). <https://doi.org/10.34078/1814-0998-2019-3-63-70>.

22. Morozova G. Yu., Debelaya I. D., Dubyanskaya I. G. *Protected areas of Khabarovsk city*. Khabarovsk: Khabarovskie vesti; 2021. 165 p. (In Russ.).

**Информация об авторах / Information about the authors****Кулаков Валерий Викторович,**

доктор геолого-минералогических наук,
главный научный сотрудник Лаборатории гидрологии и гидрогеологии,
Институт водных и экологических проблем ДВО РАН,
г. Хабаровск, Россия,
vvkulakov@mail.ru,
<https://orcid.org/0000-0003-1313-1598>.

Valeriy V. Kulakov,

Dr. Sci. (Geol. & Mineral.),
Chief Researcher of the Laboratory of Hydrology and Hydrogeology,
Institute of Water and Environmental Problems,
Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences,
Khabarovsk, Russia,
vvkulakov@mail.ru,
<https://orcid.org/0000-0003-1313-1598>.

**Пасичников Вадим Эдуардович,**

младший научный сотрудник Лаборатории гидрологии и гидрогеологии,
Институт водных и экологических проблем ДВО РАН,
г. Хабаровск, Россия,
pasichnikovvdm@gmail.com.

Vadim E. Pasichnikov,

Junior Researcher of the Laboratory of Hydrology and Hydrogeology,
Institute of Water and Environmental Problems,
Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences,
Khabarovsk, Russia,
pasichnikovvdm@gmail.com.

Вклад авторов / Contribution of the authors

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
The authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов / Conflict of interests

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interests.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.
The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

Информация о статье / Information about the article

Статья поступила в редакцию 24.06.2022; одобрена после рецензирования 27.07.2022; принята к публикации 30.08.2022.

The article was submitted 24.06.2022; approved after reviewing 27.07.2022; accepted for publication 30.08.2022.