

УДК 551.435: 556.552

А.А. Михайлов, А.Б. Китаев, А.В. Михайлов

ВЛИЯНИЕ ДОБЫЧИ ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНЫХ СМЕСЕЙ НА ИЗМЕНЕНИЕ БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ ВОТКИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА¹Пермский государственный национальный исследовательский университет
614990, Пермь, ул. Букирева, 15, e-mail: hydrology@psu.ru

Впервые для Воткинского водохранилища сделана попытка оценить влияние добычи песчано-гравийной смеси на изменение береговой линии водоема. В основу такого подхода положены материалы отступления береговой линии и объемы добычи нерудных строительных материалов (по Хмелевскому и Сукмановскому месторождениям).

Ключевые слова: водохранилище; песчано-гравийная смесь; нерудные строительные материалы; береговая линия.

Территория Пермского края с сильно развитой речной системой является мощной транзитной артерией песчано-гравийного материала, выносимого со склонов Урала, Предуралья и возвышенностей западных склонов Восточно-Европейской платформы. Из-за большой специфики строения Пермского края, а именно: геологии, неотектоники, геоморфологии, происходило осаждение материала и формирование месторождений песчано-гравийной смеси (ПГС). Это привело к накоплению больших запасов песчано-гравийного материала в нашем крае. С развитием инфраструктуры и необходимостью строительства дорог, различных общественных и административных сооружений в Пермском крае возникла потребность в обеспечении строительства песчано-гравийными материалами.

Добыча песчано-гравийной смеси в русле водохранилищ является одним из видов техногенного воздействия на водоем. Несомненно, это не единственный вид воздействия. На протяжении многих лет после создания искусственных водоемов на реках происходит разрушение их берегов. Основным фактором переработки берегов является ветровое волнение, особенно в расширенных нижних частях водохранилищ. Наряду с ветровым волнением на изменение береговой линии водоемов оказывают воздействие и другие факторы – уровенный режим водоема, вдольбереговые течения и различные техногенные воздействия, к которым относится и добыча песчано-гравийной смеси.

Целью работы является выявление особенностей влияния разработок месторождений ПГС на отступление берегов Воткинского водохранилища.

Согласно Информационным бюллетеням о состоянии геологической среды на территории Пермского края и Коми-Пермяцкого автономного округа за 1977-2002 гг. [2] Воткинское водохранилище было поделено на три зоны: верхнюю зону (участок *Пермь – Усть-Нытва*), среднюю зону (участок *Усть-Нытва – Оса*) и нижнюю зону (участок *Оса – Чайковский*).

Для оценки влияния разработки карьеров на отступление берегов Воткинского водохранилища подробнее рассмотрена верхняя зона водоема. Этот выбор обусловлен наличием на данной территории большого количества карьеров нерудных строительных материалов (НСМ).

Для решения поставленной задачи выбран временной интервал в 25 лет (1977-2001 гг.). Такой выбор объясняется тем, что в связи с реорганизацией наблюдательной сети мониторинга за экзогенными геологическими процессами в 2001 г. оценка территориальной активности оползневых процессов в последующий период не представляется возможным. Используя данные об оползневых процессах на берегах Воткинского водохранилища в его верхней зоне, ФГУДП «Пермгеомониторинг» составил график активности развития оползневой деятельности в этом районе (рис. 1).

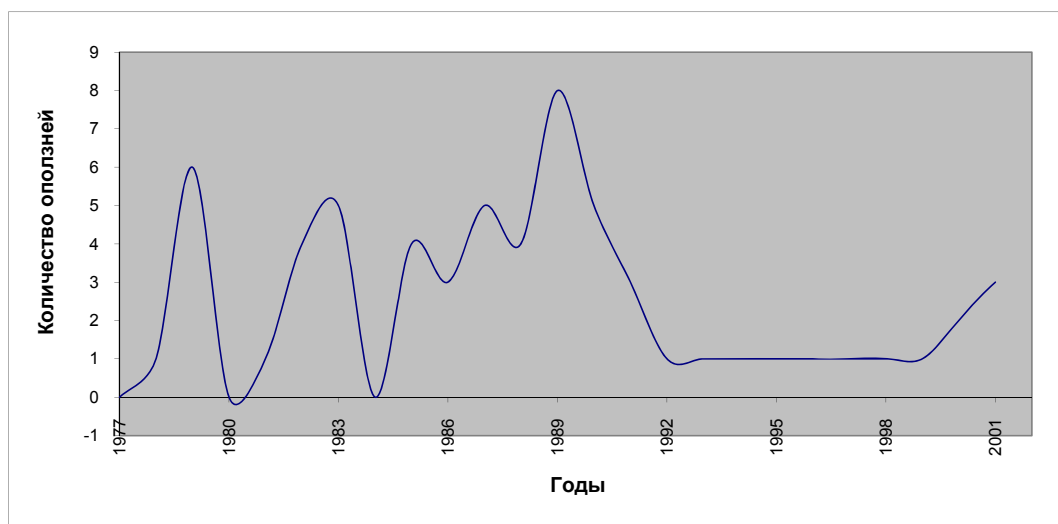


Рис. 1. Активность развития оползневой деятельности на берегах Воткинского водохранилища (верхняя зона) [2]

Можно отметить, что пики оползневых процессов приходятся на 1979, 1983, 1987 и 1989 г. и составляют 6, 5, 5 и 8 штук соответственно. Используя данные, взятые из Государственного баланса месторождений полезных ископаемых, можно определить суммарный объем выработки песчано-гравийных смесей по указанным ранее месторождениям за временной период в 25 лет (рис. 2).

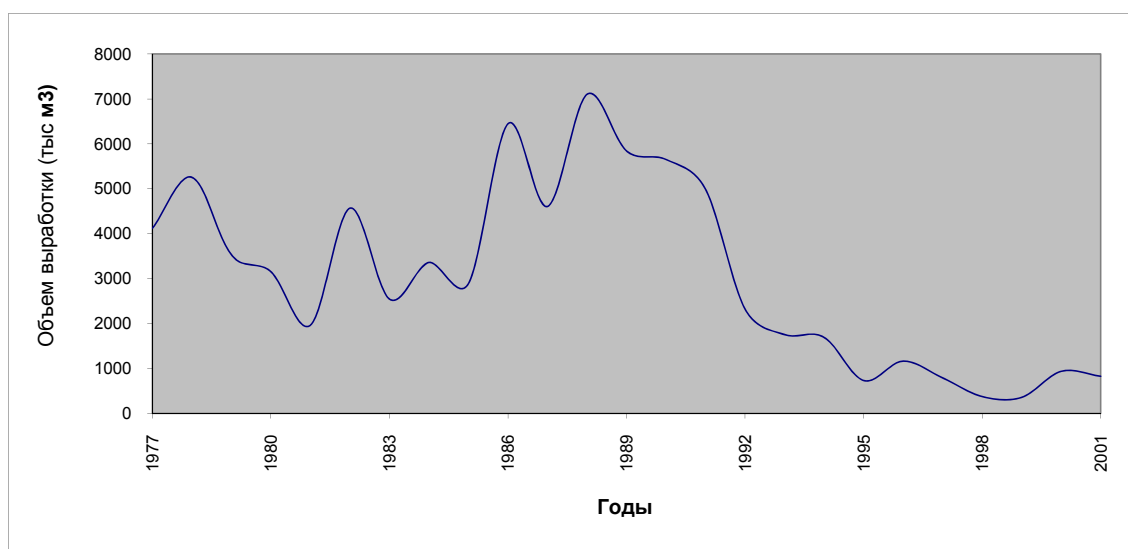


Рис. 2. Суммарный объем выработки песчано-гравийных смесей с 1977 по 2001 г. в верхней зоне Воткинского водохранилища

При сопоставлении рис. 1 и 2 получаем сравнительный график хода оползневой деятельности и добычи песчано-гравийных смесей в верхней зоне Воткинского водохранилища (рис. 4). На данном графике хорошо видно, что 1978, 1982, 1986 и 1988 г. характеризуются максимальными объемами добычи ПГС. Кроме того, хорошо прослеживается связь между рассматриваемыми величинами. Например, активизация добычи в 1978 г. приводит к большому числу оползней в 1979 г. Такие же пары наблюдаются в 1982-1983, 1984-1985, 1986-1987 и 1988-1989 гг. Зависимость между количеством добытого материала и количеством оползней показана на рис. 3.

Чтобы определить, насколько сильна связь между рассматриваемыми величинами, нужно определить коэффициент корреляции. Для определения этого коэффициента используют формулу

$$r_{xy} = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) \times (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \times \sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

где x_i - значения, принимаемые переменной X,

y_i - значения, принимаемые переменной Y,

\bar{x} - средняя по X,

\bar{y} - средняя по Y.

(1)

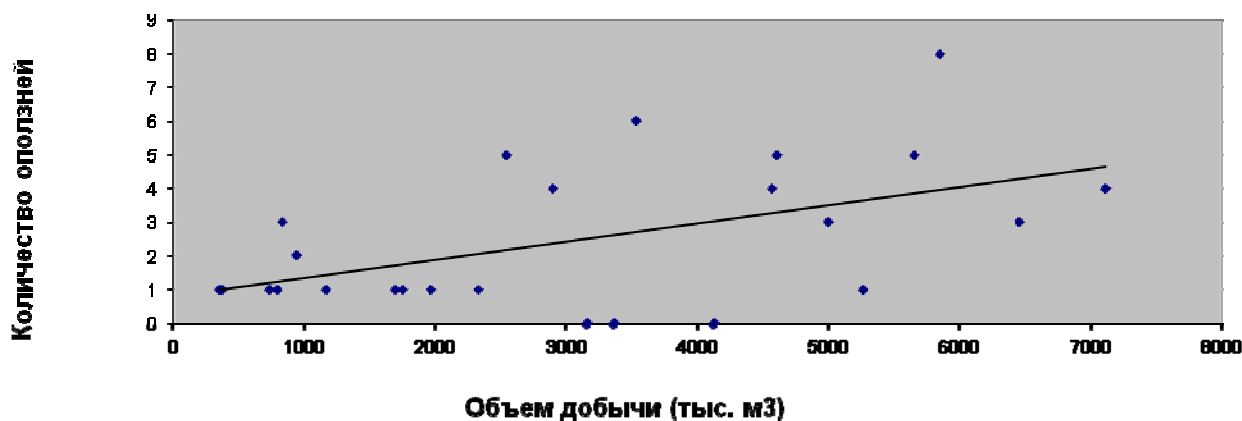


Рис. 3. Зависимость количества оползней от объема добычи (верхняя зона Воткинского водохранилища, 1977-2001 гг.)

Оценка влияния разработки карьеров НСМ на разрушение береговой линии Воткинского водохранилища

Для данной оценки были выбраны Хмелевское и Сукманское месторождения песчано-гравийных смесей. Выбор этих двух месторождений неслучаен. Прежде всего стоит отметить, что на данном участке происходили активные процессы берегоразрушения. Поэтому в п. Новоильинский был установлен створ наблюдений. Изучением занимались ФГУ «Камводэксплуатация» и «Пермкомвод» [3]. Наблюдения велись с 1986 по 2007 г. Позднее, в 2007 г., на данном участке было возведено берегоукрепление и наблюдения прекратились. Кроме того, выбранные месторождения расположены таким образом, что они оказывают наибольшее влияние на разрушение берега. Схема расположения карьеров представлена на рис. 6.

Используя формулу 1, получаем, что величина $r_{xy} = 0,51$. Зная, что коэффициент корреляции изменяется в значениях от -1 до 1 и получаем, что величина корреляции средняя.

Для словесного описания величины коэффициента корреляции используются следующие градации (табл. 1):

Таблица 1

Градация коэффициентов корреляции	
Значение	Интерпретация
До 0,2	Очень слабая
До 0,5	Слабая
До 0,7	Средняя
До 0,9	Сильная
Свыше 0,9	Очень сильная



Рис. 4. Сравнительный график хода оползневой деятельности и добычи песчано-гравийных смесей в верхней зоне Воткинского водохранилища

Хмелевского месторождение. Месторождение расположено в русле р. Камы, между 2178.9-2189.8 км по атласу судового хода ЕГС ЕЧ РФ [1]. Географические координаты месторождения: северный конец $57^{\circ} 52'$ с.ш.; $55^{\circ} 29'$ в.д.; южный конец $57^{\circ} 49'$ с.ш.; $55^{\circ} 27'$ в.д. Месторождение приурочено к левому берегу р. Камы, ближайшими населенными пунктами являются п. Заречный и пристань «Новоильинск». Ближайшая железнодорожная станция – Нытва, находится в 15 км к северу от участка работ [3].

В геологическом отношении район месторождения расположен на восточной окраине Русской платформы, характеризующейся повсеместным развитием пермских отложений. Верхнепермские отложения представлены уфимским и казанским ярусами. Литологически пермские отложения представлены глинами красно-коричневыми, очень плотными, иногда с линзами серого песчаника. В пределах месторождения отметки кровли коренных пород колеблются от 72 до 77 м и понижаются в сторону русла р. Камы. Русловой аллювий представлен гравийно-песчаными отложениями, местами с прослоями и линзами песка, низким содержанием гравия и суглинками. Средняя мощность полезной толщи изменяется от 2,3 до 11,7 м. По гранулометрическому составу гравий Хмелевского месторождения мелкий, с преобладанием фракций 20-10 и 10-5 мм.

В петрографическом отношении гравий представлен в основном зернами крепких уральских пород: халцедоном, кварцем и кварцитами, в меньшей степени известняками, песчаниками, сланцами, темноцветными изверженными породами. Гравий имеет повышенную реакционную способность взаимодействовать со щелочами в бетоне, по дробимости гравий соответствует марке «Др-8», по истираемости «И-11», по сопротивлению удару на копре «У-75», по морозостойкости «Мрз-50». Пески, вмещающие гравий, по минералогическому составу преимущественно кварцевые, с примесью полевых шпатов и темноцветных минералов. Модуль крупности песка колеблется в пределах 1.28-3.13 и составляет в среднем по месторождению 1.8-2.0. Органических примесей пески не имеют. Содержание пылевидных и глинистых частиц колеблется от 0.3 до 0.5%, что не превышает допустимые ГОСТом 3%.

Хмелевское месторождение выявлено и обследовано трестом «Ленгеолнеруд» в 1953-1954 гг. Детальная разведка месторождения произведена в 1963-1965 гг. Запасы гравийно-песчаных отложений подсчитаны по состоянию на 01.10.1965 г. и утверждены протоколом № 79 от 29.12.1965

г. НТС Пермского геологоразведочного треста в количестве 14 986,7 тыс. м³ по категории В+С1 на площади 182,45 га.

В 1976 г. институтом «Гипроречтранс» произведена контрольная разведка Хмелевского месторождения в пределах одного блока. Запасы гравийно-песчаных отложений подсчитаны по состоянию на 01.10.1976 и утверждены протоколом № 81 от 17.06.1977 г. технического Совета «Гипроречтранса» в количестве 15 615 тыс.м по категории В на площади 197,90 га.

В 1995-1997 гг. за счет государственных средств и с учетом заявки ОАО «Порт Пермь» проведены поисково-оценочные работы по флангам Хмелевского месторождения. В результате проведенных работ запасы ГПС возросли на 12 461 тыс. м³ и были утверждены протоколом № 124 от 18.12.2001 г. на заседании ТКЗ при Комитете природных ресурсов по Пермской области в количестве и по категориям: В – 2 273 тыс. м³; С – 8 320 тыс. м³; С₂ – 1 868 тыс. м³. По состоянию на 01.01.2003 г. общее количество запасов с учетом ранее разведанных и погашенных составляет (по категориям): В – 6 079 тыс. м³, С – 8 320 тыс. м³, С₂ – 1 868 тыс. м³. Площадь горного отвода составляет 383,53 га. (По материалам лицензии на разработку месторождения) [3].

Сукманское месторождение. Месторождение расположено в русле р. Камы на двух участках: 2200,5 – 2201,5 км, правый берег, напротив п. Уральский; 2207,5 – 2209,5 км, левый берег, в 2 км ниже по течению от п. Усть-Качка. Сукманское гравийно-песчаное месторождение находится в Нытвенском районе Пермского края.

В геологическом строении месторождения принимают участие верхнепермские отложения казанского яруса, представленные красновато-коричневой плотной глиной, и современные аллювиальные отложения, представленные гравийно-песчаными отложениями, суглинками, глинами, песками. Продуктивная толща представлена гравийно-песчаными отложениями. Гравий мелкий, представлен зернами крепких уральских пород, имеющими высокую механическую прочность, соответствует маркам «Др-8», «И-1», «Мра-50». Пески, вмещающие гравий, являются средними, с модулем крупности в среднем 2,39, по минералогическому составу кварцево-кремнистые.

Таблица 2

Суммарный объем добычи ПГС на Сукманском и Хмелевском месторождениях и величина отступления берега (по данным Комитета по водному хозяйству Пермского края и ФГУ «Камводэксплуатация»)

Год	Суммарный объем добычи ПГС (тыс. м ³)	Отступление берега (м)
1986	3241	0,50
1987	2602	0,45
1988	3887	0,65
1989	3100	0,55
1990	2710	0,70
1991	1617	0,60
1992	1086	0,50
1993	1119	0,50
1994	953	0,40
1995	619	0,50
1996	12	0,35
1997	20	0,45
1998	229	0,50
1999	29	0,35
2000	622	0,40
2001	288	0,30

В 1948-1949 гг. месторождение разведано «Гипротранскарьером» МПС СССР. Запасы утверждены ТКЗ в объеме 1.569 тыс.м³ песчано-гравийного материала по категориям А,В и С₁, значительная часть которого была выработана в 50-е г. прошлого столетия. В результате доразведки 1956 г. НТС Пермского Филиала «Гипротранскарьера» протоколом № 48 1956 г. утверждены запасы ПГС по категориям А+В+С₁ 6838 тыс. м³. Порт Пермь Камского речного пароходства к добыче гравийно-песчаного материала приступил в 1974 г. По состоянию на 01.09.1976 г. институтом «Гипроречтранс» на Сукманском месторождении определены запасы ПГС по категориям С₁ и С₂ в объеме 1014 тыс. м³. Среднее содержание гравия 47,4%, средняя мощность продуктивной толщи верхнего участка 5,33, а

нижнего – 3,19 м. Горнотехнические условия благоприятны для отработки запасов землечерпательными и землесосными механизмами на плавку с глубиной захвата до 15 м. Годовая добыча не превышает 50 тыс.м³. Остаток запасов по состоянию на 01.01.1997 г. по месторождению по категории С₁ составляет 3464 тыс. м³. (По материалам лицензии на разработку месторождения) [3].



Рис. 5. Сравнительный график хода суммарной добычи ПГС на выбранных месторождениях и хода величины отступления берега за рассматриваемый период (1986-2001 гг.)

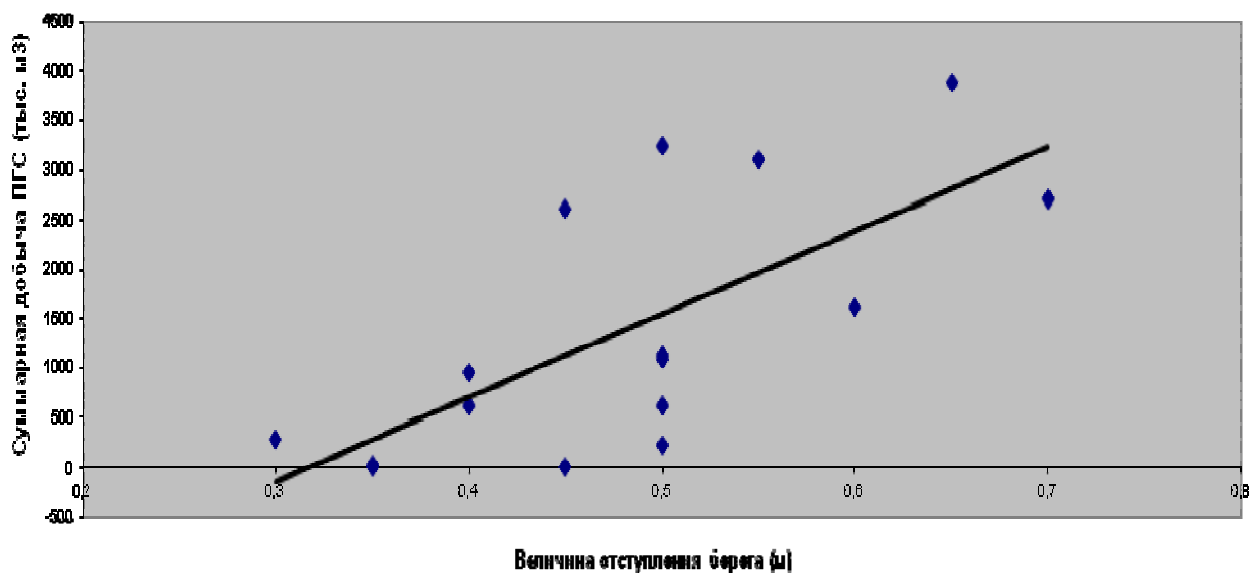


Рис. 6. Зависимость между суммарной добычей ПГС и величиной отступления берега

Стоит упомянуть, что данные по добыче ПГС на выбранных месторождениях имеются только до 2001 г. (по данным Государственного баланса месторождений полезных ископаемых). Таким образом, временной ряд наблюдений составляет 16 лет (1986-2001 гг.) (табл. 2).

Наблюдения в рассматриваемом створе (п. Новоильинский) ведутся с 1986 г. двумя организациями: «Пермкомвод» и «Камводэксплуатация». Они осуществляются посредством визуальной оценки один раз в год, с использованием ориентиров на местности.

Используя данные табл. 2, получен сравнительный ход суммарной добычи ПГС на выбранных месторождениях и величины отступления берега за рассматриваемый период (1986-2001гг.) (рис. 5).

Зависимость между суммарной добычей ПГС и величиной отступления берега представлена на рис. 6.

Коэффициент корреляции данной связи составляет 0,72. Используя данные табл. 1, констатируем, что связь является сильной.

Практическое применение настоящего исследования состоит в следующем:

1. рассмотрение разработки карьеров как фактора влияния на отступление берега является наиболее экономически выгодным и менее трудоемким способом оценки наряду с расчетами скоростей течения и изменениями уровня воды в водохранилище, таким образом, он может применяться в качестве первичного прогноза;

2. полученный результат может быть использован Государственным органом управления водными ресурсами при принятии решения о размещении карьеров в акватории водохранилища; он может быть включен в условия природопользования при разработке карьеров, может быть использован при мониторинге отступления берега.

Библиографический список

1. Атлас единой глубоководной системы европейской части РСФСР (1984 г.). М: 1:25000.
2. Информационные бюллетени о состоянии геологической среды на территории Пермской области и Коми-Пермяцкого АО за 1977-2002 гг. Пермь: ФГУДП «Пермгеомониторинг», 2003. Вып. 7.
3. Фондовые материалы Пермского филиала ФГУ «Территориальный фонд информации по природным ресурсам и охране окружающей среды МПР России по Приволжскому федеральному округу» за 1977-2002 гг.

A.A. Mikhailov, A.B. Kitaev, A.V. Mikhailov

INFLUENCE OF EXTRACTION OF SAND-GRAVEL MIXES ON CHANGE OF THE COASTAL LINE OF THE VOTKINSK WATER BASIN

For the first time for the Votkinsk water basin attempt to estimate extraction influence sand-gravel mixes on change of a coastal line of a reservoir is made. Materials of deviation of a coastal line and volumes of extraction of nonmetallic building materials are put in a basis of such approach (on Hmelevsky and Sukmanovsky deposits).

K e y w o r d s: a water basin; sand-gravel mix; nonmetallic building materials; a coastal line.