

# НАУКИ О ЗЕМЛЕ

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВРЕМЕНИ ОБВОДНЕНИЯ И САМОЗАДАВЛИВАНИЯ ГАЗОВЫХ СКВАЖИН (НА ПРИМЕРЕ СЕНОМАНСКОЙ ЗАЛЕЖИ)

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2020.5.77.994

*Гасумов Э.Р.**Азербайджанский Университет нефти и промышленности,  
кандидат экономических наук, старший преподаватель*

## FORECASTING THE TIME OF WATERING AND SELF-STOPPING OF GAS WELLS (ON THE EXAMPLE OF THE CENOMANIAN DEPOSIT)

*Gasumov E.R.**Azerbaijan State University of Oil and Industry,  
candidate of Economic Sciences, Senior Lecturer*

### АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены прогнозирование времени начала и конец обводнения и самозадавливания газовых скважин на примере сеноманских скважин. Приведена регрессионная зависимость уровня ГВК от пластового давления и объёма отобранного газа. Предложена уравнения для расчета значения накопленных отборов газа, соответствующие началу обводнения скважины и ее полному обводнению.

### ANNOTATION

The article discusses the prediction of the time of the beginning and end of watering and self-pressure of gas wells using the example of Cenomanian wells. The regression dependence of the GWC level on reservoir pressure and the volume of withdrawn gas is given. Equations are proposed for calculating the value of accumulated gas production corresponding to the beginning of the well watering and its complete watering.

**Ключевые слова:** газовые месторождения, обводнения, подошвенные воды, добыча газа, призабойная зона пласта, скважина.

**Keywords:** gas fields, flooding, bottom waters, gas production, bottomhole formation zone, well.

В процессе разработки газовых месторождений происходит постоянное изменение фильтрационно-емкостных свойств пласта, которые, в свою очередь, влияют на динамику добычи газа из скважин. Разрабатываемые базовые месторождения в настоящее время вступили или в ближайшие один-два года перейдут в период падающей добычи газа.

Обводнение добывающих скважин, является одна из основных проблем разработки газовых месторождений, особенно находящихся на поздней стадии разработки. Как известно, поступление подошвенной воды в скважину обусловлено как общим подъемом границы раздела воды и газа вследствие падения давления в газовой части пласта, так и локальным поднятием этой границы в призабойной зоне добывающей скважины и образованием, так называемого водяного конуса. Неравномерность дренирования запасов из-за обводнения скважин по объектам эксплуатации приводит к «защемлению» около 30 % извлекаемых запасов газа. В связи с этим возникает проблема добычи «низконапорного» газа.

Вода, естественный спутник любой промышленной продукции, всегда в том или ином количестве присутствует в промышленных трубопроводах по большей части в жидкой фазе и практически всегда в газообразной.

На заключительной стадии разработки газовых месторождений, добыча газа осложняется поступлением воды в призабойную зону пласта и

ствол скважины. Поступление воды в газовые скважины снижает их дебит вплоть до полной остановки (самоглушение скважин). Вода способствует разрушению призабойной зоны пласта, выносу песка и образованию песчаных пробок в скважине, увеличивает потери давления при движении газа через слои воды, снижает температуру газа в результате испарения жидкости, через слой которой газ барботируется. Вынос пластовой воды в систему сбора увеличивает расход и затрудняет регенерацию осушителей (сорбентов и метанола), приводит к образованию газовых гидратов и льда в наземных трубопроводах. Как только вода начинает поступать к забою скважины, породы пласта набухают, вследствие чего снижается проницаемость. Это явление наблюдается и за счет того, что часть сечения пор занята водой. Обводнение скважин значительно снижает эффективность разработки газовых месторождений и эксплуатацию газовых скважин, что приводит к безвозвратной потере запасов углеводородного сырья [1, 2].

Основными причинами поступления воды в призабойную зону и ствол скважины являются: заколонные межпластовые перетоки (вследствие некачественного цементирования скважин); неравномерное продвижение газовой контактной зоны и образование конуса обводненности.

Будем предполагать, что первоочередной причиной обводнения скважин является подъем

пластовых вод. Также предположим, что зоны дренирования скважин не перекрываются [3-5].

Как известно, снижение пластового давления  $P_{пл}$  приводит к повышению уровня газодляного контакта (ГВК). Обозначим через  $x$  толщину столба жидкости, а через  $z$  – глубину уровня ГВК

относительно устья скважины. Простейшая модель, в которой горное давление уравнивается давлением газа и пластовых вод показана на рисунке 1. Из этой модели следует линейная зависимость  $x = x(P_{пл})$  и, соответственно,  $z = z(P_{пл})$ .

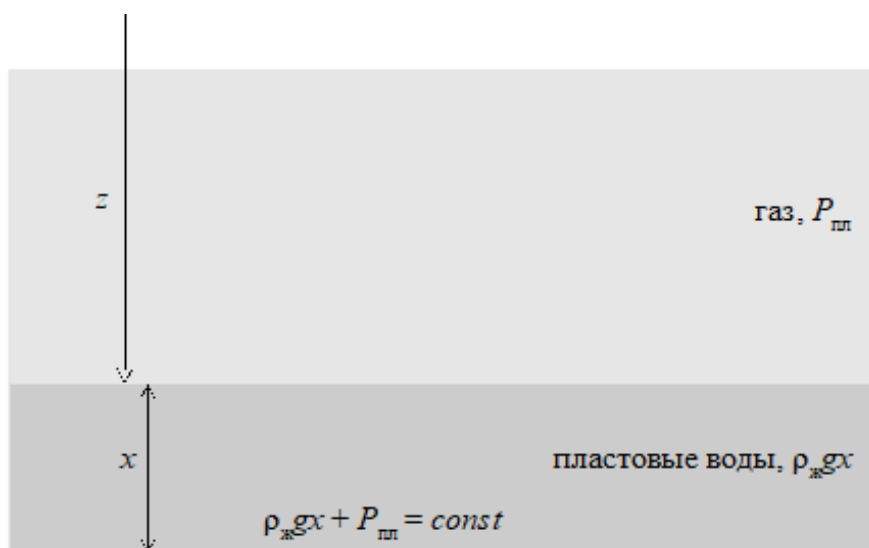


Рисунок 1 – Простейшая схема выявления зависимости уровня ГВК  $x$  от пластового давления  $P_{пл}$

Учитывая, что зависимость пластового давления  $P_{пл}$  от накопленного объема отбора газа  $V$  также достаточно успешно аппроксимируется линейной функцией, будем считать линейными зависимости  $x = x(V)$  и  $z = z(V)$ .

Схематически график зависимости уровня ГВК от объема накопленной добычи  $z = z(V)$

представлен на рисунке 2. За время начала обводнения скважины принят момент достижения уровнем ГВК нижней границы интервала перфорации. За момент полного обводнения скважины принимается момент времени достижения уровнем ГВК верхней границы интервала перфорации.

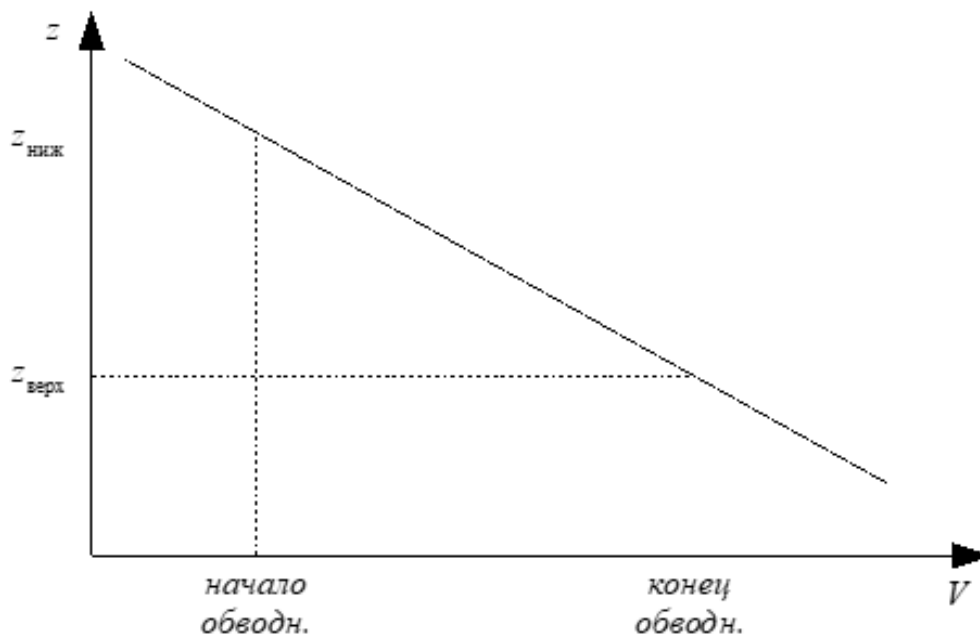


Рисунок 2 – Регрессионная зависимость уровня ГВК от объема отобранного газа.

Полученные на основе ежемесячных эксплуатационных рапортов, ежеквартальных технологических режимов, карт изобар и карт ГВК

исходные данные об уровне ГВК и накопленных отборах газа для каждой скважины записываются в столбцы 2 и 3 сводной таблицы 1.

Таблица 1

Сведения об уровне ГВК и накопленном отборе газа для сеноманской скважины				
Дата замера	Уровень ГВК, м	Накопленный отбор, млн. м <sup>3</sup>	Результат промежуточных вычислений	
			квадрат накопленного отбора, (млн.м <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>	произведение накопленного отбора газа и уровня ГВК (млн.м <sup>3</sup> ·м)
1	2	3	4	5
2008-04	$z_1$	$V_1$	$V_1^2$	$z_1 V_1$
2009-01	$z_2$	$V_2$	$V_2^2$	$z_2 V_2$
2010-01	$z_3$	$V_3$	$V_3^2$	$z_3 V_3$
...	...	...	...	...
Сумма	$\sum_{i=1}^n z_i$	$\sum_{i=1}^n V_i$	$\sum_{i=1}^n V_i^2$	$\sum_{i=1}^n z_i V_i$

Далее заполняются столбцы 4 и 5 таблицы 1 и осуществляется суммирование по столбцам 2–5.

По результатам  $n$  замеров находятся коэффициенты  $a$  и  $b$  уравнения линейной регрессии  $z = aV + b$  зависимости уровня ГВК от накопленного отбора газа

$$a = \frac{n \sum_{i=1}^n z_i V_i - \sum_{i=1}^n z_i \sum_{i=1}^n V_i}{n \sum_{i=1}^n V_i^2 - (\sum_{i=1}^n V_i)^2}, \quad (1)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n V_i^2 \sum_{i=1}^n z_i - \sum_{i=1}^n z_i V_i \sum_{i=1}^n V_i}{n \sum_{i=1}^n V_i^2 - (\sum_{i=1}^n V_i)^2}, \quad (2)$$

где  $n$  – число замеров уровня ГВК и накопленного отбора по данной скважине.

Далее рассчитываются значения накопленных отборов газа, соответствующие началу обводнения скважины и ее полному обводнению

$$V_{\text{ниж}} = \frac{1}{a}(z_{\text{ниж}} - b), \quad (3)$$

$$V_{\text{верх}} = \frac{1}{a}(z_{\text{верх}} - b). \quad (4)$$

Приближенные оценки времен начала обводнения скважины и ее полного обводнения делаются на основе планирования времен достижения значений  $V_{\text{ниж}}$  и  $V_{\text{верх}}$ .

На основе проделанных расчетов вводится код геолого-промыслового состояния скважины  $f$  по прогнозируемому времени ее обводнения. Параметру  $f$  присваивается значение  $(-1)$ , если прогнозируемое время обводнения скважины меньше одного года. Если прогнозируемое время обводнения скважины принимает значения от одного года до пяти лет, параметру  $f$  присваивается значение  $(0)$ . Если прогнозируемое время обводнения скважины больше пяти лет, параметру  $f$  присваивается значение  $(+1)$ .

Заметим, что время начала и конца обводнения скважины можно ориентировочно вычислить по планам отбора газа из скважины.

В качестве примера выполним расчет времени обводнения условной скважины. Исходные значения уровня ГВК и накопленного отбора газа приведены в таблице 2. Здесь же приведены результаты промежуточных расчетов.

Таблица 2

Сведения об уровне ГВК и накопленном отборе газа условной сеноманской скважины (Интервал перфорации 1095 – 1133 м)

Дата замера (год)	Уровень ГВК, м	Накопленный отбор, млн. м <sup>3</sup>	Результат промежуточных вычислений	
			квадрат накопленного отбора, (млн.м <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>	произведение накопленного отбора газа и уровня ГВК (млн.м <sup>3</sup> ·м)
1	1142,0	874	763876	998108
2	1139,2	913	833569	1040090
3	1136,8	961	923521	1092465
4	1135,2	1003	1006009	1138606
5	1133,5	1056	1115136	1196976
Сумма	5686,7	4807	4642111	5466244

Рассчитанные по формулам (1) и (2) коэффициенты линейной регрессии  $a$  и  $b$  равны  $a = -0,04595$  и  $b = 1181,5$ . Подставляя эти значения в формулы (3) и (4), находим значения накопленных отборов газа, соответствующие началу обводнения скважины и ее полному обводнению:  $V_{\text{ниж}} = 1057$  млн.м<sup>3</sup> и  $V_{\text{верх}} = 1182$  млн.м<sup>3</sup>.

Сопоставляя найденные значения  $V_{\text{ниж}}$  и  $V_{\text{верх}}$  с планами отбора газа из скважины, можно оценить время начала и конца обводнения скважины и рассчитать код  $f$  геолого-промыслового состояния скважины.

**Список использованной литературы**

Гасумов Р.А. Исследования режимы движения газожидкостных потоков применительно к условиям эксплуатации обводняющихся газовых скважин. /Гасумов Р.А., Гасумов Э.Р. // Наука. Инновации. Технологии. -2020. -№2. -С. 7-26.

Гасумов Р. А. Среднесрочный прогноз дебитов добывающих скважин в среде MS Excel. /Гасумов Р. А., Толпаев В. А., Ахмедов К. С., Винниченко И. А. //Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. -2012. -№ 7. -С. 32-36.

Уоллис, Г. Одномерные двухфазные течения. // М.: Мир. -1972. – 440 с.

Гасумов Р.А. Аппроксимационные математические модели эксплуатационных свойств газовых скважин и их применение к расчетам прогнозных дебитов. /Гасумов Р.А., Толпаев В.А., Ахмедов К.С., Першин И.М., Гасумов Э.Р. //Нефтепромысловое дело. -2019. -№ 5 (005). -С. 53-59.

Карнаухов В.Л., Пьянкова Е.М. Современные методы гидродинамических исследований скважин. //М.: Инфра-Инженерия. -2010. – 432 с.

---

**АГРОХИМИЧЕСКАЯ САНАЦИЯ ОПОДЗОЛЕННОГО ЧЕРНОЗЕМА  
В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕНЕЗА**

---

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2020.5.77.995

*Ильинский Андрей Валерьевич*

*кандидат с/х наук, доцент,*

*ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова»,*

*г. Рязань*

**AGROCHEMICAL REMEDIATION OF PODZOLIZED CHERNOZEM  
IN THE CONDITIONS OF TECHNOGENESIS**

*Ilinskiy Andrey*

*candidate of agricultural sciences, associate professor*

*Federal State Scientific Institution «All-Russian research institute  
for hydraulic engineering and reclamation of A.N. Kostyakov»,*

*Ryazan*

**АННОТАЦИЯ**

В работе представлены результаты лизиметрического опыта на оподзоленном черноземе по изучению продуктивности при проведении реабилитационных мероприятий. Экспериментально установлено, что максимальная продуктивность в звене севооборота была достигнута на варианте опыта с использованием органоминеральной системы удобрений: прибавка к контролю составила 110 %. Апробация проводилась в ООО «Агрофирма МТС Нива-Рязани» на площади 30 га, почва – выщелоченный чернозем, культура озимая пшеница сорт «Заря», прибавка урожая составила 31%.

**ABSTRACT**

The paper presents the results of lysimetric experiment on podzolized Chernozem to study productivity during rehabilitation measures. It was experimentally established that the maximum productivity in the crop rotation link was achieved on the variant of the experiment using the organomineral fertilizer system: the increase in control was 110 %. Testing was carried out in LLC "Agrofirm MTS Niva-Ryazan" on an area of 30 hectares, the soil-leached Chernozem, winter wheat crop variety "Zarya", the increase in yield was 31%.

**Ключевые слова:** минеральные удобрения, оподзоленный чернозем, органические удобрения, продуктивность, санация почв, сельское хозяйство, транслокация, тяжелые металлы, химическая мелиорация, экологическая безопасность.

**Keywords:** mineral fertilizers, podzolized chernozem, organic fertilizers, productivity, soil rehabilitation, agriculture, translocation, heavy metals, chemical reclamation, environmental safety.

Повышенные техногенные нагрузки на агроландшафты способствуют загрязнению воздуха, воды и почвы ТМ. При этом главными загрязнителями являются медь, цинк, свинец и кадмий [1]. Основное мероприятие по защите окружающей среды от поступления тяжелых металлов – это предотвращение загрязнения, которое проявляется в совершенствовании технологии производства. Однако и это не может полностью предотвратить поступление в окружающую среду поллютантов [6, 7]. Поэтому разработка приемов мелиорации техногенно загрязненных почв, позволяющих снизить негативное влияние антропогенной нагрузки на

почвенный покров, восстановить плодородие деградированных почв и обеспечить получение экологически безопасной растениеводческой продукции, является актуальной задачей.

Приемы агрохимической мелиорации загрязненных почв подразумевают использование материалов и веществ, связывающих тяжелые металлы в недоступные для растений формы и способствующих повышению плодородия почв. Это, в первую очередь, известь, органические и минеральные удобрения, вещества, обладающие поверхностной активностью к связыванию химических элементов [8].